

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie



ZNÁZORŇOVÁNÍ SKAL V DIGITÁLNÍ KARTOGRAFII A GIS

ROCKS REPRESENTATION
IN DIGITAL CARTOGRAPHY AND GIS

Diplomová práce

RNDr. Jakub LYSÁK

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jan D. BLÁHA
srpen 2008

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citoval.

Jsem si vědom toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze, je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Mostě dne 8. 8. 2008

Jakub Lysák

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při psaní práce. Kromě mých nejbližších, kteří mi byli morální oporou, mé poděkování patří jmenovitě těmto lidem:

RNDr. Jan D. BLÁHA (Přírodovědecká fakulta UK) – za to, že se ujal vedení mé práce a za ochotu a vstřícnost v průběhu jejího zpracovávání

Mgr. Oldřich HOLEŠINSKÝ (Správa NP České Švýcarsko) – za poskytnutí dat a informací a nadstandardní ochotu spojenou s administrativou potřebnou pro získání dat

Bc. Martina KYNČLOVÁ – za poskytnutí map pro orientační běh z její rozsáhlé sbírky

Ing. Tomáš LEŠTÍNSKÝ (KOB Dobruška) – za poskytnutí mapy OB Ostaš v podrobné vektorové podobě

RNDr. Jan MORAVEC – za poskytnutí fotografií skal z jeho internetové fotogalerie

Ing. Jan NOVOTNÝ (ArcData Praha) – za poskytnutí literatury

Ing. Lidmila PENÍŽKOVÁ (Zeměměřický úřad) – za informace o vektorizaci skal při tvorbě ZABAGED z původní Základní mapy ČR

Ing. Markéta POTŮČKOVÁ, Ph. D. (Přírodovědecká fakulta UK) – za nadstandardní ochotu při hledání odpovědí na mé všetečné otázky, za pomoc s administrativou spojenou se získáváním dat a za umožnění účasti na exkurzi v ZÚ

Aleš SOUČEK – za ochotu a spolupráci při tisku práce

RNDr. Michal TRAURIG a **Ing. Ludmila ŽENKOVÁ** (Zeměměřický úřad) – za informace o kartografické vizualizaci skal z dat ZABAGED

Můj dík dále patří také institucím, které zapůjčily data pro účely této práce:



Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha

vybrané vrstvy databáze ZABAGED v nadstandardním rozsahu 4571 mapových listů



Kiwi, Praha

zahraniční mapy v papírové podobě



Správa Národního parku České Švýcarsko, Krásná Lípa

data z projektu GeNeSiS: digitální model terénu, digitální model povrchu, stínovaný digitální model terénu a stínovaný digitální model povrchu odvozené z dat leteckého laserového skenování, digitální ortofoto RGB a CIR

Znázorňování skal v digitální kartografii a GIS

Abstrakt

Práce se zabývá možnostmi znázorňování skalních útvarů s využitím prostředků digitální kartografie s důrazem na topografické mapy velkých a středních měřítek. Na problematiku je nahlíženo od teoretických problémů souvisejících se zachycením skal, zmíněny jsou způsoby získávání dat o nich, prostor je věnován i pohledu klasické kartografie. Popsány a hodnoceny jsou na současných mapách používané postupy pro zachycení skal a jejich vztah k dostupným geografickým datům. Na základě studia těchto přístupů je navržena vlastní metodika pro reprezentaci skalních útvarů, založená na vymezení jejich půdorysu a hledání terénních hran. Důraz je kladen na možnou automatizaci tvorby využívající podrobného digitálního modelu terénu. Součástí práce je rovněž vytvoření výškopisné mapy podle navržené metodiky.

Klíčová slova: vizualizace výškopisu, znázorňování skal, skalní útvary, digitální kartografie

Rocks Representation in Digital Cartography and GIS

Abstract

This thesis deals with possibilities of rock representations in means of digital cartography mainly in large- and middle-scaled topographical maps. The field is seen from theoretical problems related to rock representation, several ways of information acquiring about rocks are discussed and point of view of the classical cartography is mentioned. There are described and evaluated several methods used in the digital cartography in contemporary maps and their relation to available geographical data sets in the thesis. On the basis of them is designed own methodology for representation of rock formations, based on their ground area and terrain edges. Emphasis is put on possible automation using detailed digital terrain model. The work also includes hypsographical map of the rock terrain created using the methodology.

Keywords: visualization of hypsography, cliff drawing, rock formations, digital cartography

Obsah

OBSAH.....	5
PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK	7
SEZNAM OBRÁZKŮ	8
1 ÚVOD	10
2 SKÁLY Z POHLEDU KLASICKÉ KARTOGRAFIE.....	12
2.1 Obecné aspekty	12
2.1.1 Skály a vrstevnice	12
2.1.2 Vrstevnice versus šrafy	14
2.1.3 Stínování	15
2.1.4 Vliv geomorfologie	15
2.1.5 Vliv měřítka a druhu mapy	19
2.2 Shrnutí tradičních přístupů	19
2.2.1 Švýcarská metoda	20
2.2.2 Žebříčková manýra	21
2.2.3 Rakouská metoda	22
2.2.4 Konturová metoda	23
3 SKÁLY Z POHLEDU GEOINFORMATIKY	26
3.1 Získávání informací o skalách a dostupná data	26
3.1.1 ZABAGED	26
3.1.2 DMÚ 25	30
3.1.3 Skalní útvary na mapách ÚHÚL	31
3.1.4 SRTM	31
3.1.5 Data laserového skenování	32
3.1.6 Letecké a družicové snímky	33
3.1.7 Mapy v horolezeckých průvodcích	34
3.2 Reprezentace skal v GIS a teoretické problémy	35
3.3 3D vizualizace skalních útvarů	37
3.3.1 Skály a fraktální geometrie	38
4 SKÁLY Z POHLEDU DIGITÁLNÍ KARTOGRAFIE	42
4.1 Kritéria hodnocení	43
4.2 Pouze vrstevnice	44
4.3 Polygony zachycující půdorys	46
4.3.1 Varianta s podrobnými polygony	47
4.3.2 Varianta se stínováním	49
4.4 Polygony či linie zachycující hrany a stěny	50
4.5 Vertikální linie	51
4.5.1 Srovnání kartografické reprezentace skal na staré a nové ZM 10	58
4.5.2 Poznámky k praktické realizaci a návrh vylepšení	58
4.6 Horizontální linie	63
4.7 Bodové symboly	64
4.8 Skenované podklady a vektorizace šraf	65
4.9 Shrnutí používaných metod	66
4.10 Výzkumy v oblasti	67
4.10.1 Pohled moderní počítačové grafiky	67
4.10.2 Konkrétní algoritmy	68
5 METODIKA PRO TVORBU KARTOGRAFICKÉ REPREZENTACE SKAL	70
5.1 Úvod	70
5.2 Vymezení půdorysu skalních útvarů	71
5.3 Detekce stěn pro reprezentaci konturami	72

5.3.1	Metoda slévání vrstevnic	74
5.3.2	Metoda s využitím konvoluce	76
5.4	Detekce terénních hran nezachytitelných konturami	78
5.5	Detekce dalších charakterizačních čar	82
5.5.1	Charakterizace pomocí vrstevnic	82
5.5.2	Charakterizace pomocí detailů skalního terénu	83
5.5.3	Zobecnění směřující k napodobení klasických metod	84
5.6	Finální úpravy reprezentace	84
5.7	Hodnocení metodiky	88
6	ZÁVĚR	91
	POUŽITÉ ZDROJE	92
	PŘÍLOHY	96
	Obsah CD	96
	Výškopisná mapa Pravčické brány	97

Přehled použitých zkratek

ALS	<i>airborne laser scanning</i> = letecké laserové skenování
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMT	digitální model terénu
DMÚ 25	Digitální model území odpovídající podrobnosti map v měřítku 1 : 25 000 = sada geografických dat dodávaných VGHMÚ
DSM	<i>digital surface model</i> = digitální model povrchu
GIS	geografický informační systém
KTO	Katalog topografických objektů = metadata k DMÚ 25
NPR	v závislosti na kontextu: 1. <i>non-photorealistic rendering</i> = nefotorealistické zobrazování, 2. Národní přírodní rezervace
NZM 10	nová podoba Základní mapy České republiky v měřítku 1 : 10 000 vytvořená prostředky digitální kartografie, viz též ZM 10
OB	orientační běh
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i> = výzkumný program pro získání digitálního výškového modelu velké části povrchu Země s využitím radarové interferometrie
SVM 50	Spojité vektorová mapa odvozená z map v měřítku 1 : 50 000 = sada geografických dat dodávaných Úřadem geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky
TIN	<i>triangular irregular network</i> = síť trojúhelníků pro povrchovou reprezentaci objektů
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
VGHMÚ	Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
ZABAGED	Základní báze geografických dat = sada geografických dat dodávaných ČÚZK, která svou přesností a podrobností odpovídá ZM 10
ZM 10	Základní mapa České republiky v měřítku 1 : 10 000 = nejpodrobnější mapa pokrývající spojitě celé území ČR. V kontextu této práce se rozlišuje ZM 10 (vzniklá skenováním a georeferencováním původních analogových mapových podkladů) a NZM 10 (nová podoba ZM 10, vzniklá s využitím digitální kartografie z dat ZABAGED)
ZÚ	Zeměměřický úřad

Seznam obrázků

Obr. 1.	Bludiště v Teplických skalách.	11
Obr. 2.	Vrstevnice ve skalách bez úpravy.	13
Obr. 3.	Vrstevnice ve skalách s vynecháváním.	13
Obr. 4.	Vrstevnice ve skalách s posouváním.	14
Obr. 5.	Skály pomocí šraf.	14
Obr. 6.	Velehorský skalní terén.	16
Obr. 7.	Skalnaté srázy zahloubených říčních údolí.	16
Obr. 8.	Pískovcové skalní město.	17
Obr. 9.	Skály v krasových oblastech.	17
Obr. 10.	Ukázky osamělých skalních výchozů.	18
Obr. 11.	Ukázka skalnatého mořského pobřeží.	18
Obr. 12.	Švýcarská metoda kresby skal.	20
Obr. 13.	Aplikace švýcarské metody na německých topografických mapách.	21
Obr. 14.	Žebříčková manýra na Základní mapě 1 : 10 000.	22
Obr. 15.	Nejednotnost kresby skal žebříčkovou manýrou.	22
Obr. 16.	Ukázky tradičních rakouských způsobů znázorňování skal.	23
Obr. 17.	Porovnání konturové metody s ortofotem.	24
Obr. 18.	Přednosti konturové metody.	24
Obr. 19.	Objekty z kategorie terénní reliéf v databázi ZABAGED.	27
Obr. 20.	Zajímavosti o skalách z databáze ZABAGED.	27
Obr. 21.	Skalní útvary vyjádřené pomocí bodových symbolů.	28
Obr. 22.	Nejednotnost vektorizace při tvorbě vrstvy skalní útvary v ZABAGED.	29
Obr. 23.	Problémy s polygony skal na hranicích mapových listů.	29
Obr. 24.	Srovnání vrstevnic ZABAGED a DMÚ 25.	31
Obr. 25.	Ukázka výškopisu z dat ÚHÚL.	31
Obr. 26.	Skalní útvary na ortofotech.	33
Obr. 27.	Ukázky náčrtů z horolezeckých průvodců.	34
Obr. 28.	Ukázka integrace dat z horolezeckých náčrtů z daty ZABAGED.	35
Obr. 29.	Digitální model krajiny versus digitální kartografický model.	36
Obr. 30.	Problémy ArcGIS s modelováním převisů.	37
Obr. 31.	Problémy s 3D vizualizací skalních útvarů.	38
Obr. 32.	Ukázky ploch vzniklých fraktální interpolací.	40
Obr. 33.	Vystínovaný fraktální model.	41
Obr. 34.	Skalní terén pomocí vrstevnic.	45
Obr. 35.	Rozdíly terénních modelů dat ZABAGED a DMÚ 25 ve skalách.	46
Obr. 36.	Ukázky reprezentace skal pomocí polygonů zachycujících půdorys.	46
Obr. 37.	Porovnání polygonů a klasické topografické mapy.	47
Obr. 38.	Ukázka reprezentace skal na mapách pro orientační běh.	48
Obr. 39.	Ukázka zdařilé reprezentace pískovcového skalního města pomocí půdorysu.	49
Obr. 40.	Skalní útvary pomocí stínovaných polygonů.	49
Obr. 41.	Velehorský terén znázorněný pomocí linií zachycujících hrany.	50
Obr. 42.	Nížší pohoří a pobřežní útesy znázorněné pomocí linií reprezentujících hrany.	51
Obr. 43.	Ukázka z typické mapy v horolezeckém průvodci.	51
Obr. 44.	Metoda vertikálních linií v jednoduché podobě.	52
Obr. 45.	Ukázka typické reprezentace skalních útvarů na NZM 10.	52
Obr. 46.	Anatomie skalní šrafury na NZM 10.	53
Obr. 47.	Legenda pro skalní útvar pro NZM 10.	53
Obr. 48.	Ukázka zdařilé reprezentace skalního útvaru na NZM 10.	54
Obr. 49.	Souvislost hlav a terénních hran na NZM 10.	54
Obr. 50.	Problémy se šrafami na NZM 10.	55
Obr. 51.	Malé skalní kupy na NZM 10.	55
Obr. 52.	Oblast se skalními věžemi na ZM 10 a NZM 10.	56
Obr. 53.	Nejednotný způsob kresby pískovcového terénu na NZM 10.	57

Obr. 54.	Teplické skály – oblast Bludiště na ZM 10 a NZM 10.	57
Obr. 55.	Porovnání žebříčkové manýry (vlevo) a metody používané na NZM 10 (vpravo).	58
Obr. 56.	Skalní šrafy pouze pomocí elementů.	59
Obr. 57.	Tvorba pomocných čar v OCAD.	59
Obr. 58.	Skalní šrafy pomocí hlavy a pomocné čáry.	61
Obr. 59.	Model osvětlení k výkladu stínování šraf.	62
Obr. 60.	Skalní šrafy pomocí stínované varianty hlavy a pomocné čáry.	62
Obr. 61.	Reprezentace skal pomocí horizontálních linií.	63
Obr. 62.	Dvě podoby metody vertikálních linií na slovenských mapách.	64
Obr. 63.	Pískovcový terén zachycený metodou bodových symbolů.	65
Obr. 64.	Ukázka použití převzatých skalních šraf.	65
Obr. 65.	Reprezentace skal pomocí polygonů vzniklých vektorizací šraf.	66
Obr. 66.	Problém přesného vymezení skalního terénu vzhledem k vegetaci.	72
Obr. 67.	Ortofoto pobřeží řeckého ostrova Santorini.	73
Obr. 68.	Konturová reprezentace testovaného území.	75
Obr. 69.	Výsledek metody slévání vrstevnic pro velikost bufferu 2 m.	75
Obr. 70.	Výsledek metody slévání vrstevnic pro velikost bufferu 5 m.	76
Obr. 71.	Vysvětlení k detekci kontur s využitím konvoluce.	76
Obr. 72.	Výsledek metody konvoluce pro velikost okna 3.	77
Obr. 73.	Výsledek metody konvoluce pro velikost okna 5.	77
Obr. 74.	Výsledek metody konvoluce pro velikost okna 9.	77
Obr. 75.	K vysvětlení terénních hran a stěn.	78
Obr. 76.	K vysvětlení horní a dolní hrany.	79
Obr. 77.	Příklady reprezentace některých typických skalních terénních tvarů.	79
Obr. 78.	Terénní hrany v reálném terénu.	80
Obr. 79.	DMT části Vysokých Tater po aplikaci Sobelova filtru.	81
Obr. 80.	Příklad filtru pro detekci ideálního vrcholu.	81
Obr. 81.	Kombinace znázorňování stěn a kontur.	82
Obr. 82.	Charakterizace pomocí vrstevnic.	83
Obr. 83.	Ukázka charakterizace pomocí detailů skalního terénu.	84
Obr. 84.	Interakce vegetace a skalních útvarů.	85
Obr. 85.	Na horním okraji pískovcové plošiny východně od Pravčické brány.	86
Obr. 86.	Generalizace vrstevnic pro tvorbu charakterizačních čar.	87
Obr. 87.	Srovnání vlastní a topografické mapy.	88
Obr. 88.	Vysvětlení ke generalizaci reprezentace.	89

Poznámky:

- U obrázků je v textu práce uveden vždy zdroj, příp. i autor. Jedná-li se o kartografické dílo převzaté z internetu, je zdroj vždy součástí použitých zdrojů uvedených na konci práce, protože spolu s ním jsou obvykle prezentovány další údaje o mapě. Jedná-li se o nekartografické dílo převzaté z internetu, je uvedena pouze adresa stránky a tento zdroj není součástí použitých zdrojů uvedených na konci práce.
- Naprostá většina ukázek map v této práci byla převzata z internetových zdrojů. U těchto zdrojů je často obtížné určit původní měřítko mapy a jeho zachování při publikování na webu. Proto je u map uvedena pouze orientační informace o tom, zda je uváděná ukázka oproti originálu zvětšena či zmenšena.
- Pokud je u obrázku uvedeno, že se jedná o data GeNeSiS a jejich zdrojem je datový podklad Správy NPČS, patří k prezentaci těchto dat následující doložka:

vlastník:

- název projektu (Interreg IIIA: „Geoinformační síť pro přeshraniční region NP České a Saské Švýcarsko“)
- nositel projektu (Technická Univerzita v Drážďanech, Institut pro fotogrammetrii a dálkový průzkum Země, profesura dálkového průzkumu Země)
- doba pořízení dat (duben 2005)

1 Úvod

Skály představují nápadný, působivý a často dominantní krajinný prvek, který odedávna přitahoval pozornost lidí. Nedostupnost a bizarní vzhled skalních útvarů (obr. 1) v minulosti inspiroval lidové pověsti, fantazie místních obyvatel přispěla k pojmenování leckdy i nevelkých skalních útvarů a divoké skalní scenérie nezřídka sloužily umělcům jako romantická předloha (Vítek, 2004). Ani dnes neztratily skály nic ze své přitažlivosti. Představují fascinující fenomén přitahující turisty, horolezce, romantiky, fotografy či příznivce adrenalinových sportů. Skály nejsou ovšem zajímavé jen pro laiky, ale i jako předmět zkoumání pro odborníky. V této práci nás budou skalní útvary zajímat z pohledu geoinformatiky a kartografie.

Před 37 lety doc. Richard Čapek, kartograf a pedagog v minulosti působící na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy – tehdy ještě jako student – napsal diplomovou práci o znázorňování skal, kterou o dva roky později rozpracoval do podrobnější podoby rigorózní práce (Čapek, 1973). V závěru rigorózní práce si posteskl, že tehdejší stav znázorňování skal na mapách není příliš uspokojivý a že všeobecná tendence směřuje ke znázorňování nikoliv oku lahodícímu, ale pouze schematickému a zjednodušenému. Od té doby se sice velmi změnila technologie a postupy používané při tvorbě map, ale problém se znázorňováním skal zůstal.

Dnešní doba digitální kartografie umožňuje produkovat mapy téměř každému, kdo umí alespoň trochu ovládat kartografický software či GIS. Mapy lze produkovat rychleji a efektivněji než dříve, bohužel najdeme řadu příkladů, kde je to na úkor kvality. Použití výpočetní techniky má být prostředkem k usnadnění práce, nikoliv k pošlapání staletí vznikajících kartografických pravidel a jejich přizpůsobení tomu, co umí zrovna ta verze programu, kterou máme na svém počítači.

Jednou z oblastí, se kterou se klasická kartografie vypořádávala dlouho a obtížně, bylo právě znázorňování skalních útvarů. Hlavní důvod těchto problémů je zcela prozaický: do roviny mapy se snažíme zachytit objekt, který má převládající vertikální rozměr. Skály jsou při tom často výrazným terénním prvkem, který by tedy měl vynikat i na mapách. Trvalo dlouho, než byly nalezeny kartografické vyjadřovací prostředky, které by znázorňování skal uspokojivě vyřešily. Tyto techniky byly dovedeny k dokonalosti zejména v oblasti alpských zemí, kde byla vzhledem k rozšíření velehorského skalního terénu otázka kartografického zachycení skal značně ožehavější než u nás. Tradiční kartografické postupy pro zachycení skal pomocí šraf leží na hranici kartografie a umění (Čapek, 1973, s. 1), jejich zvládnutí vyžaduje přinejmenším značnou dávku praxe, ne-li dokonce jistý talent a velký vliv na výsledek má estetický vkus autora. Tvorba map tímto způsobem je pochopitelně časově velmi náročná.

Motivací pro vznik této práce je tedy přirozená otázka, zda by nebylo možné tato osvědčená pravidla pro kresbu skal převést do světa digitální kartografie. Cílem práce je především nalezení způsobu, kterým by bylo možno skály s využitím prostředků digitální kartografie zdařile a věrně zachytit. Přesněji řečeno, jde o hledání kompromisu mezi časově (a tedy i finančně) náročnou tvorbou zdařilé reprezentace skalních útvarů pomocí tradičních šraf a mezi úplnou automatizací tvorby, jejímž výsledkem zdařilá reprezentace nebývá. Snaha o naivní automatizaci tvorby klasické reprezentace vede k nepříliš uspokojivým výsledkům, prezentovaných na řadě míst této práce (např. obr. 37 na str. 47). Zajímavá je tato oblast i z pohledu kreativity kartografa (Bláha, 2007). Jedná se totiž tradičně o poměrně svobodné znázorňování reality, z něž mohou být individualita i schopnosti autorského subjektu velmi patrné.

Na problematiku skalních útvarů je v práci nahlíženo poněkud obecněji z hlediska celého geoinformatického procesu, tj. od získávání dat, přes jejich ukládání až po závěrečnou kartografickou prezentaci. Důraz je kladen na topografické mapy velkého a středního měřítka.

Práce se snaží na jednu stranu zachovat obecný nadhled nad problematikou, na druhou stranu snahou autora je, aby výsledky práce byly použitelné v praxi. Autor proto mj. oslovil instituce, které se tvorbou map zabývají a věnoval nemalé množství času shánění různých geografických dat a průzkumu jejich vlastností. Pro názornost je text práce doprovázen poměrně velkým množstvím obrázků.



Obr. 1. Bludiště v Teplických skalách.

Pohled do jedné z roklí tvořících horní část Bludiště, jednu z nejrozsáhlejších a nejhůře přístupných skalních plošin v ČR. Výstižně pojmenované místo, kde se snoubí nedostupnost s bizarními tvary.

Mapy této lokality se objevují na řadě míst v práci.

Foto: archiv autora.

V úvodu práce jsou nejprve stručně probrány obecné aspekty zachycení skal z pohledu klasické kartografie a podrobněji zmíněny ty metody, které byly rozšířené a používané a jejichž myšlenek využijeme při návrhu metodiky vlastní. Dále se již budeme na skály dívat z pohledu geoinformatiky a digitální kartografie. Stručně zmíníme teoretické problémy související se skalami a geoinformatikou, všimneme si možností získávání dat o skalách a podrobně popíšeme vlastnosti geografických dat, které by mohly být pro účely znázorňování skal prostředky digitální kartografie použitelné. V dalších částech práce nás pak budou zajímat skály z pohledu digitální kartografie: vysvětlíme, jaké vlastnosti by měla mít zdařilá reprezentace skalních útvarů, zmíníme se o tom, jak se se znázorňováním skal vypořádává současná digitální kartografie a jaké jsou její hlavní problémy. Hlavní částí práce je pak na základě studia klasických metod, metod používaných v digitální kartografii s přihlédnutím k dostupným datům návrh vlastní metodiky pro znázorňování skal prostředky digitální kartografie. S trochou nadsázky se tedy pokusíme na problém, který R. Čapek řešil před více než třemi desetiletími, podívat očima dnešní doby a prozkoumat, na kolik je možné do světa digitální kartografie přenést to nejlepší z tradičních způsobů znázorňování skal.

2 Skály z pohledu klasické kartografie

V této kapitole nejprve zařadíme znázorňování skal do širšího kontextu kartografie a všimneme si některých obecných otázek souvisejících se skalami, zejména k jejich zachycení pomocí vrstevnic a geomorfologických aspektů problematiky. V další části kapitoly budou podrobněji probrány některé konkrétní přístupy ke znázorňování skal na mapách z pohledu klasické kartografie. Soustředít se budeme zejména na ty přístupy, které mají vztah k návrhu vlastní metodiky pro zachycení skal s využitím prostředků digitální kartografie.

2.1 Obecné aspekty

Abychom mohli znázorňování skal zařadit do kontextu, zmíníme se nejprve o znázorňování výškopisu, kam patří i skály, z pohledu klasické kartografie poněkud obecněji. Již poměrně dlouhou dobu nejčastěji používanou metodou pro znázornění výškopisu na topografických mapách je kombinace vrstevnic, výškových kót a případně stínování (Bláha; Hudeček, 2007). Použití vrstevnic přináší celou řadu výhod: graficky příliš nezatěžují mapu, umožňují přesné zjištění nadmořské výšky v libovolném místě mapy a je propracována metoda jejich konstrukce. Vrstevnice jsou pro většinu typu reliéfu velmi vhodné. Existují ale výjimky, kde zachycení terénu pomocí vrstevnic selhává. Z hlediska skalních útvarů je to v těchto případech:

1. terénní objekt je příliš malý, než aby jej bylo možno vrstevnicemi v měřítku mapy zachytit

Tato situace se řeší obvykle pomocí bodového znaku, který je naddimenzovaný. Takto se znázorňují jednotlivé skály, jejichž půdorys je v měřítku mapy zanedbatelný, dále např. osamělé balvany, menší skalky, skupiny balvanů, závrtý, krátery apod.

2. terén je příliš příkrý a dochází ke slévání vrstevnic

Tato situace nás bude zajímat podrobněji. Slévání vrstevnic se řeší buď vynecháváním nebo posouváním vrstevnic nebo pomocí šraf. Podrobněji je vztah vrstevnic a skal popsán v kapitole 2.1.1. Čapek (1992, s. 165) rozlišuje šrafy technické (používané pouze v mapách velkého měřítka), topografické šrafy (používané pro znázorňování terénních stupňů přírodního i umělého původu, např. rokly, terénní rýhy, raveny, náspy, zářezy apod.) a šrafy skalní (používané mj. pro znázorňování skalních útvarů). Místo termínu skalní šrafy se též používá termín fyziografické šrafy (Hojovec, 1987, s. 75–76). Pomocí různých variant skalních (fyziografických) šraf se znázorňuje na mapách velkého měřítka také členitý ledovcový terén, korálové útesy, plošně rozsáhlejší závrtý, propasti či stěny (opuštěných) lomů.

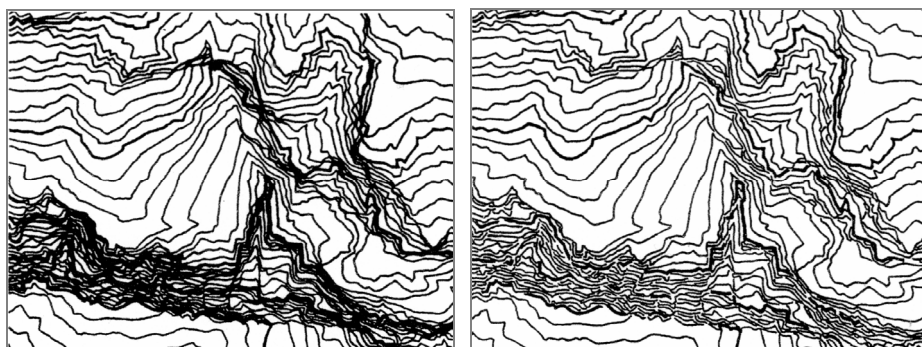
Kromě zmíněných druhů šraf existují i sklonové (svahové, též Lehmannovy) a stínové šrafy. Ty představují historické způsoby znázorňování výškopisu, jejichž konstrukce byla pracná a které příliš zaplňovaly mapové pole, což významně snižovalo čitelnost polohopisu a popisu (Čapek, 1992, s. 164). Vzhledem k zaměření práce, budeme v dalším textu práce pod pojmem šrafy či šrafura uvedeným bez přívlastku rozumět pouze šrafy skalní (fyziografické).

2.1.1 Skály a vrstevnice

Povrch skalních útvarů obvykle bývá velmi členitý. Pokud chceme zachytit všechny jeho charakteristické rysy, byl by žádoucí co nejmenší základní interval vrstevnic. V protikladu tomu stojí skutečnost, že skalní terén bývá obvykle velmi příkrý, a aby se vrstevnice neslévaly, je nutné naopak základní interval vrstevnic zvětšovat. Tyto dva protichůdné požadavky nelze obecně jednoduchým způsobem vyřešit.

Problémy s vrstevnicemi ve skalách budeme ilustrovat na klasické ukázce převzaté z knihy Imhofa (2007, s. 265). Pomocí vrstevnic se budeme snažit zachytit západní stěnu masivu *Mürtschenstock* (2441 m) ve švýcarském kantonu Glarus. Průměrný sklon stěny je 62° a vyskytují se zde četné lokální převisy. Pro lepší představu je hora zachycena na obr. 6 vlevo.

Stěnu hory budeme znázorňovat v měřítku 1 : 5 000, k čemuž máme k dispozici vrstevnice po 10 m získané pomocí pozemní fotogrammetrie. Na obr. 2 vlevo vidíme terén znázorněný pouze pomocí vrstevnic. Výsledkem je nepřehledná změť čar, které se slévají a v místech převisů protínají. Pokud vynecháme ty části vrstevnic, které nejsou při pohledu shora vidět (tedy ty, které jsou zakryty převisy), dostaneme výsledek znázorněný na obr. 2 vpravo. Vynechání převislých částí obrazu sice prospělo, ale i tak je výsledkem příliš hustá a nepřehledná kresba, navíc u izolovaných částí vrstevnic není možné určit jejich výšku.



Obr. 2. Vrstevnice ve skalách bez úpravy.

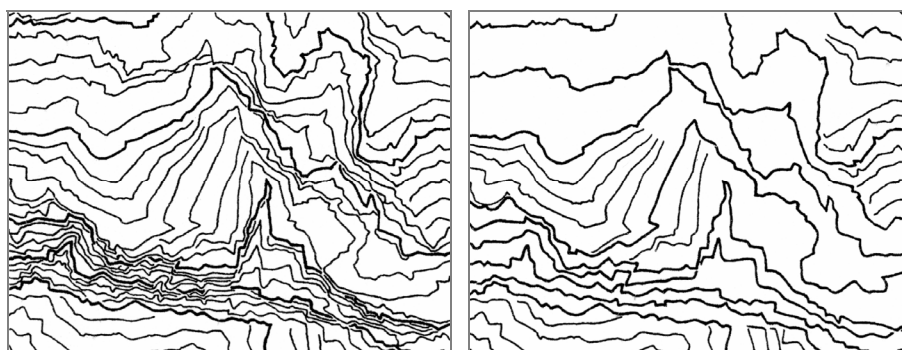
Vlevo stěna zachycená pomocí vrstevnic bez jakýchkoliv úprav.

Vpravo stěna s vynecháním těch částí vrstevnic, které jsou pod převisy.

V obou případech je základní interval vrstevnic 10 m, zdůrazněné vrstevnice jsou po 100 m.

Zdroj: Imhof, 2007.

Přirozené řešení problému představuje vynechání některých vrstevnic. Na obr. 3 vlevo je interval vrstevnic ve skalním terénu zvětšen na 20 m, mimo skalní terén zůstává desetimetrový. Zdůrazněné vrstevnice mají interval 100 m. Pokud interval vrstevnic ve skalním terénu ještě zvětšíme na 50 m a v ostatním terénu necháme 10 m, dostaneme výsledek na obr. 3 vpravo. Hlavním problémem tohoto přístupu je ztráta návaznosti terénních tvarů, výsledný obraz je nenázorný a z hlediska lokální orientace v terénu problematický.



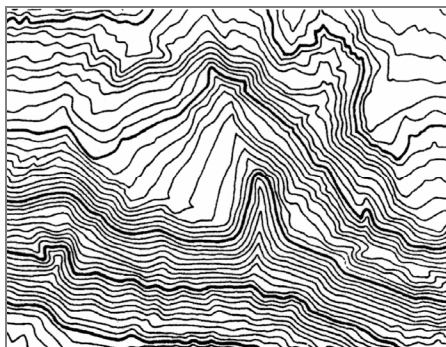
Obr. 3. Vrstevnice ve skalách s vynecháváním.

Vlevo stěna zachycená pomocí vrstevnic po 20 m, mimo skalní terén vrstevnice po 10 m. Zdůrazněné vrstevnice jsou po 100 m. Vrstevnice jsou přerušeny v případě, že procházejí pod převisem. Vpravo stěna zachycená pomocí zdůrazněných pod převisy nepřerušovaných vrstevnic po 50 m, mimo skalní terén vrstevnice po 10 m.

Zdroj: Imhof, 2007.

Přesto lze tento způsob považovat za lepší než další řešení, které se nabízí. Tímto řešením by bylo vrstevnice posunout a v důsledku posunutí mírně zgeneralizovat. Výsledek je na obr. 4. Kromě polohové nepřesnosti vzniklé umělým rozšířením skalního srázu a výškové nepřesnosti vyplývající

z posunu vrstevnic je hlavním problémem tohoto přístupu skutečnost, že výsledný vrstevnicový obraz vzbuzuje naprosto chybný dojem sice příkrého, ale schůdného svahu.



Obr. 4. Vrstevnice ve skalách s posouváním.
Vyhlazené a polohově posunuté vrstevnice po 10 m, zdůrazněné po 100 m.
Zdroj: Imhof, 2007.

Znázornění příkrých skalnatých srázů vrstevnicemi Imhof (2007, s. 279) přirovnává k pokusu zachytit vrstevnicemi věž gotické katedrály se všemi opěrnými pilíři, římsami a věžičkami. Výsledkem bude jen chaotická změť čar.

2.1.2 Vrstevnice versus šrafy

Způsob, jak vyřešit problémy s vrstevnicemi naznačené v předchozí kapitole, nabízejí již zmíněné skalní šrafy. Stejný terén zachycený pomocí šraf je na obr. 5. Výhody jsou z obrázku patrné: šrafy ve srovnání s vrstevnicemi mnohem lépe zachycují rozčlenění skalní stěny, obraz je na první pohled názornější a i laikovi, který má se čtením vrstevnic problémy, umožní poměrně dobře určit průchodnost terénu. Nabízí se přirozená otázka, proč je výsledný obraz názornější, ačkoliv při bližším pohledu působí jen jako změť čar. Odpověď je třeba hledat ve způsobu lidského vnímání: chytře střídající se kontrastující světlé a tmavé plochy vzbuzují *dojem* ostrých hřbetů a strží. Šrafy tak s trochu nadsázky představují kartografickou iluzi.

Názornost je navíc umocněna vhodným výběrem podstatných rysů skalního terénu. Šrafy nezachycují do všech detailů velmi členitý povrch skály, ale jen jeho zjednodušení, v literatuře označované jako skalní polyedr. Ten je omezen konečným množstvím ploch oddělených navzájem terénními hranami (Čapek, 1973, s. 27).



Obr. 5. Skály pomocí šraf.
Tentýž terén jako v kapitole 2.1.1.
Zdroj: Imhof, 2007.

Je ovšem rovněž na místě zmínit i nevýhody šraf. Předně ze šraf nelze na rozdíl od vrstevnic určit výšku. Tento problém není ale tak zásadní, jak by se mohlo na první pohled zdát. Zdařilá šrafura totiž v kombinaci s vhodně umístěnými výškovými body a obklopená vrstevnicemi umožňuje

docela dobrý odhad výšek i sklonu (Imhof, 2007, s. 280). Používá se též kombinace šraf s vybranými vrstevnicemi (např. každou desátou).

Dále může skalní šrafura tříštit vrstevnicový obraz: mezi skalami pak zůstanou izolované části vrstevnic, u nichž bez dodatečných informací nelze určit nadmořskou výšku (viz obr. 5 uprostřed). Stejný problém ovšem může nastat v situaci, kdy dojde okolo nějaké oblasti ke slítí vrstevnic (obráz. 2 vlevo v dolní části), protože ani pak se nelze dopočítat výšky takové vrstevnice na základě okolních.

Hlavní potíž je ale v tom, že vrstevnice je podstatně jednodušší nakreslit než šrafy. To může být velmi dobrý důvod, proč jim dát přednost. Slovy Imhofa (2007, s. 280–281, volně přeloženo): „Každý topograf, každý zeměměřič a každý kartograf umí kreslit vrstevnice, ale jen málo je těch, kteří jsou schopni nakreslit zdařilou skalní šrafuru. Spousta z nich kreslí skály vrstevnicemi jen proto, že nejsou schopni vytvořit dobrou reprezentaci skal šrafami. I mezi kartografy a topografy jsou lišky, pro které jsou hrozny příliš vysoko.“ V kapitole 4 si ukážeme, že hrozny jsou v současné době příliš vysoko pro takřka celou digitální kartografii.

2.1.3 Stínování

Vhodným a velmi často používaným prostředkem ke zvýšení plasticity mapy a názornosti vnímání terénu je stínování. V současné době je nejvíce používané tzv. stínování při šikmém osvětlení, z tradičních a psychologických důvodů obvykle od severozápadu. V dalším textu práce budeme tuto metodu označovat jako stínování při severozápadním osvětlení, resp. stručněji jen jako stínování. Základní představa je taková, že na terén dopadají paprsky světla z daného směru a vytvářejí rozdíly v osvětlení. Terénní plochy přivrácené ke zdroji světla jsou osvětlené více, terénní plochy od zdroje odvrácené jsou osvětleny méně. Teoreticky míra osvětlení daného místa odpovídá kosinu úhlu dopadu paprsku. Podrobněji se různými druhy stínování zabývá např. Čapek (1973, s. 28–31) a ještě podrobněji pak Imhof (2007, s. 159–212).

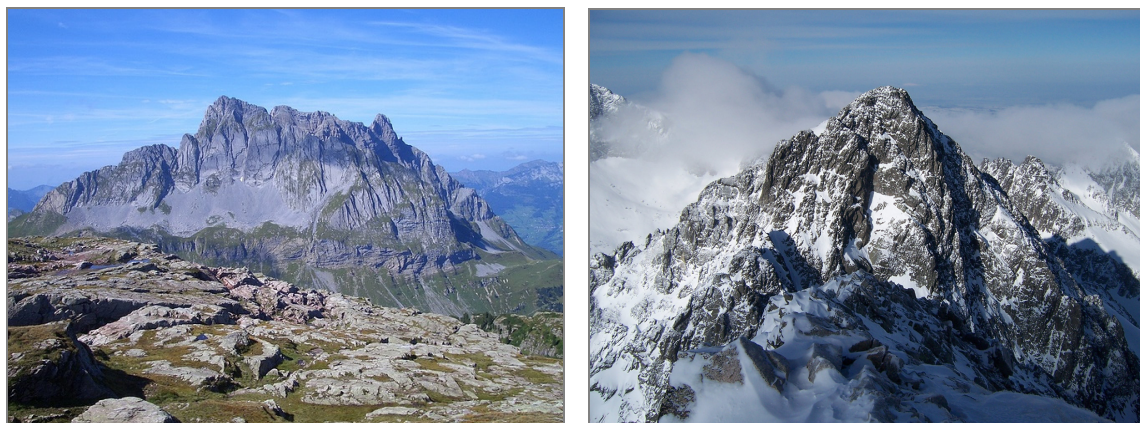
Stínování je používáno i na současných mapách vytvořených prostředky digitální kartografie, protože tento proces lze poměrně dobře automatizovat (např. v ArcGIS lze s využitím funkce *Hillshade* vytvořit základ pro stínovaný model z digitálního modelu terénu). Kvalita takto vyhotoveného stínování ovšem poněkud zůstává za kvalitou stínování vytvořeného ručně. Hlavním důvodem je skutečnost, že zkušeným kartografem ručně vytvořené stínování pomocí lokálních změn směru osvětlení umožňuje názorněji vyniknout drobným terénním tvarům, které by bez adaptace směru osvětlení zanikly. Názornost a plastický dojem rovněž ovlivňuje použitá barva. Problematika stínování není v této práci podrobněji řešena, protože se jí i z pohledu digitální kartografie podrobně zabývá práce Kaňky (2005).

2.1.4 Vliv geomorfologie

Cílem této kapitoly je ukázat, že pojem skalní útvary v sobě zahrnuje celou řadu typů velmi odlišného reliéfu. Úkolem topografické mapy není čtenáře mapy informovat o detailech geomorfologie terénu. Přesto je ale při znázorňování výškopisu a zvláště skal nutné vzít tuto otázku v úvahu, protože znalost geomorfologie pomáhá při správném vystižení terénu. Imhof (2007, s. 236–250) geomorfologické otázky související se znázorňováním skal popisuje velmi podrobně. Poněkud jiný pohled na problematiku, zejména z hlediska zastoupení skalních terénů v bývalém Československu, nabízí ve své práci Čapek (1973, s. 22). V této kapitole vyjdeme z Čapkovy klasifikace skalního terénu na základě polohy v krajině, kterou poněkud rozšíříme a doplníme. Uvedeme jednotlivé typy skalních terénů, jejich charakteristiku podstatnou pro znázorňování na mapách a zmíníme též významnost zastoupení daného typu terénu v ČR.

Velehorský skalní terén

Tento typ terénu se vyskytuje ve vysokých pohořích. Skály vytvářejí jednotlivé horské hřebeny, tvořící vrcholové partie hor. Hřebeny jsou u nezaledněných pohoří po stranách rozbrázděné erozními rýhami a roklemi, u zaledněných pohoří pak ovlivněny činností ledovce. Na skalní terény v nižších partiích obvykle navazují kamenná moře, sutě, morénové nánosy či ledovcové splazy. Jde obvykle o terén plošně dosti rozsáhlý s jednotlivými skalními útvary dosahujícími značné rozlohy. Pro orientaci v tomto terénu jsou podstatné jednotlivé terénní hrany, které skalní útvar rozčleňují. Klasickým příkladem výskytu těchto skalních terénů jsou Alpy či Tatry (obr. 6). V ČR se tento terén v klasické podobě nevyskytuje, jisté náznaky lze nalézt ve vrcholových partiích Krkonoš či Šumavy.



Obr. 6. Velehorský skalní terén.

Vlevo hora Mürtschenstock ve švýcarském kantonu Glarus. Vpravo Lomnický štít ve Vysokých Tatrách.

Zdroj: www.hikr.org (foto vlevo) a pandorea.blog.sk (foto vpravo).

Srázy zahloubených říčních údolí

Tento typ terénu se v ČR vyskytuje velmi často podél větších řek, které si prořizly v krajině svůj tok a v důsledku jejichž erozní činnosti zůstaly ve stěnách údolí skalní výchozy. Jde o poměrně různorodé terény, na jejichž výsledný tvar má vliv zejména hornina tvořící skálu. Obvykle se nejedná o plošně rozsáhlý terén, výrazně převažuje výška skalních stěn nad jejich půdorysem. Typické příklady srázů zahloubených říčních údolí najdeme podél Vltavy, Berounky (obr. 7), Sázavy, Jihlavy či Dyje.



Obr. 7. Skalnaté srázy zahloubených říčních údolí.

Týřovické skály v údolí Berounky.

Foto: Jan Moravec. Zdroj: www.etf.cuni.cz/~moravec.

Pískovcová skalní města

Typickými útvary pískovcových skalních měst jsou vysoké skalní věže s téměř kolmými stěnami (obr. 8). Vrcholy věží leží zhruba v úrovni původního povrchu a vznikly rozšiřováním a prohlubováním jednotlivých puklin. Na okrajích roklí zůstaly skalní pilíře často spojené s neskálním terénem a i když ze dna roklí dosahují úctyhodné výšky, jsou z náhorní strany snadno přístupné. V horolezecké literatuře je pro tento typ používán název okrajové skály (okrajovky). Dna roklí bývají obvykle vyplněna sutí. Název města není samoúčelný: svými údolími a roklemi připomínají bulváry; kaňony, soutěskami a puklinami mezi skalami zas úzké uličky. Kaňony se na křižovatkách rozšiřují v náměstí, vysoké hladké svislé stěny pískovcových skal vzbuzují dojem stěn domů. Pískovcová skalní města představují v ČR nejzastoupenější typ skalního terénu. K nejvýznamnějším lokalitám patří Adršpašsko-teplické skály, oblast Českosaského Švýcarska, Prachovské skály, Hruboskalsko, Broumovské stěny a Kokořínsko. Jako skalní města se někdy označují i útvary vzniklé na jiném typu horniny, např. na slepencích, dolomitech či žule; jejich plošný rozsah v ČR je ale ve srovnání s pískovci zanedbatelný.



Obr. 8. Pískovcové skalní město.
Vlevo pohled na část Adršpašského skalního města, vpravo skalní útvar Milenci.
Foto: Jan Moravec. Zdroj: www.etf.cuni.cz/~moravec.



Obr. 9. Skály v krasových oblastech.
Vpravo Svatý Jan pod Skalou v Českém krasu, vlevo škrabová pole pohoří Prokletije v Černé hoře.
*Foto vlevo: www.czechtourism.com.
Foto vpravo: L. Švardalová. Zdroj: vetrolam.blogspot.com.*

Krasové tvary

Z geomorfologického hlediska mimořádně zajímavý terén vázaný obvykle na vápence, případně další rozpustné horniny. Skalní útvary v této oblasti se vyskytují jednak v podobě vápencových skal, které ve srovnání s ostatními terény nemusí mít převažující horizontální rozměr, ale mohou tvořit i mírně ukloněné a nepřiliš členité plotny (obr. 9). Z dalších typů skalního terénu se zde vyskytují škrapová pole, závrtý se skalnatými stěnami a propasti.

Osamělé skalní výchozy

Značně nesourodá skupina skalních útvarů, kterou není možno zařadit jinak. Patří sem plošně obvykle nepřiliš rozsáhlé skalní terény vzniklé vypreparováním výplní sopouchů, lávových proudů, žíly, torsy či skalní věže (obr. 10). Tvary jsou závislé na hornině, kterou je skála tvořena a jejich popis je spíše záležitostí geomorfologie než kartografie. Z topografické mapy totiž lze jen těžko odlišit, o jaký konkrétní druh skály se jedná.



Obr. 10. Ukázky osamělých skalních výchozů.
Vlevo Sluneční skály na Jedlově v Krušných horách, vpravo Dívčí kameny v Krkonoších.
Foto: archiv autora.

Marinní skalní tvary

I podoba tohoto terénu je velmi závislá na hornině, kterou je skála tvořena. Obvyklou podobu představují pobřežní útesy (abrazní sruby, klify), které velmi příkře spadají do moře. Intenzivní erozní činností moře se pevnina rozpadá a jejími pozůstatky jsou skalnaté ostrůvky (abrazní pilíře a jehly), často vymodelované do bizarních tvarů. Pobřežní útesy nemusí být jen strmé, v závislosti na geologických podmínkách mohou vytvářet i velmi mírně ukloněné plotny (obr. 11). V tropických mořích pak k tomuto typu skalního terénu patří dále korálové útesy.



Obr. 11. Ukázka skalnatého mořského pobřeží.
Vlevo strmé útesy, vpravo mírně ukloněné plotny. Jižní pobřeží řeckého ostrova Thassos.
Foto: archiv autora.

2.1.5 Vliv měřítka a druhu mapy

Znázorňování skal stejně jako jiných terénních prvků je zásadně ovlivněno měřítkem a účelem mapy. Podrobněji se otázkou vlivu měřítka na kresbu skal zabývá Imhof (2007, s. 281–282). Obecně lze říci, že u map velmi velkých měřítek je obvyklé zachycení skalního terénu pouze pomocí vrstevnic, které jsou případně doplněny zákresem terénních hran. Od měřítka 1 : 10 000 jsou vhodnějším výrazovým prostředkem pro skály šrafy. Čím větší je měřítko mapy, tím je tvorba šraf pochopitelně pracnější, protože musí zachytit více detailů terénu. Se zmenšujícím se měřítkem mapy jsou šrafy použitelné zhruba do měřítka 1 : 100 000. V tomto měřítku se kresba skal zjednodušuje za kresbu stínované skalní kostry, kterou je vhodné zkombinovat například se stínováním. V mapách měřítka 1 : 500 000 a menšího se až na výjimky skály od ostatního terénu nijak neodlišují, protože jejich kresba by zbytečně tříštila výsledný mapový obraz. Tato práce se má zabývat převážně znázorňováním skal na mapách velkého a středního měřítka, což přes jistou nejednotnost v terminologii znamená do měřítka 1 : 50 000, s tím, že je kladen větší důraz spíše na měřítko větší.

Z hlediska druhu mapy se práce téměř výhradně zabývá mapami topografickými. Na tomto typu map jsou totiž skály ve své klasické podobě pomocí šraf prezentovány nejčastěji. Jiné způsoby kresby skal než pomocí šraf se pak objevují ještě v mapách pro orientační běh (viz obr. 38 na str. 48) či v mapách horolezeckých (obr. 27 na str. 34). Odlišný způsob kresby zde vyplývá z účelu těchto map. Jen výjimečně jsou skály k nalezení na dalších mapách, například na některých plánech měst. Ani zde se ovšem kresba skal pomocí šraf obvykle neobjevuje.

2.2 Shrnutí tradičních přístupů

V této části budou popsány možné způsoby tvorby klasické reprezentace skal zejména pomocí (skalních) šraf. Zaměříme se zejména na ty aspekty, které jsou podstatné pro návrh vlastní metodiky.

Pohled do českých učebnic kartografie ukazuje, že znázorňování skal je zde zmiňováno spíše okrajově. Hojovec (1987) zmiňuje skály v části Interpretace reliéfu pojem fyziografické šrafy, které „se používají při zobrazování skal, sutí a ledovců, protože jsou příliš příkré, případně převislé, s chaotickým rozčleněním dílčích ploch. Tyto útvary zobrazujeme zákresem výrazných kosterních čar, zejména ostrých hran, které rozčlení skalní útvar na menší plochy, které vykryjeme volnou šrafurou ve směru spádní a horizontál. Zvýšení plastického účinku lze dosáhnout šikmým osvitom (...) Zákreš je náročný na cit a prostorovou představivost, postrádá však jakoukoliv geometrickou hodnotu.“ Obrázky ilustrující kresbu skal jsou pak převzaty z Boguszak; Šlitr (1962), kde jsou alespoň podrobněji diskutovány přednosti a problémy kresby skal pomocí šraf a vrstevnic.

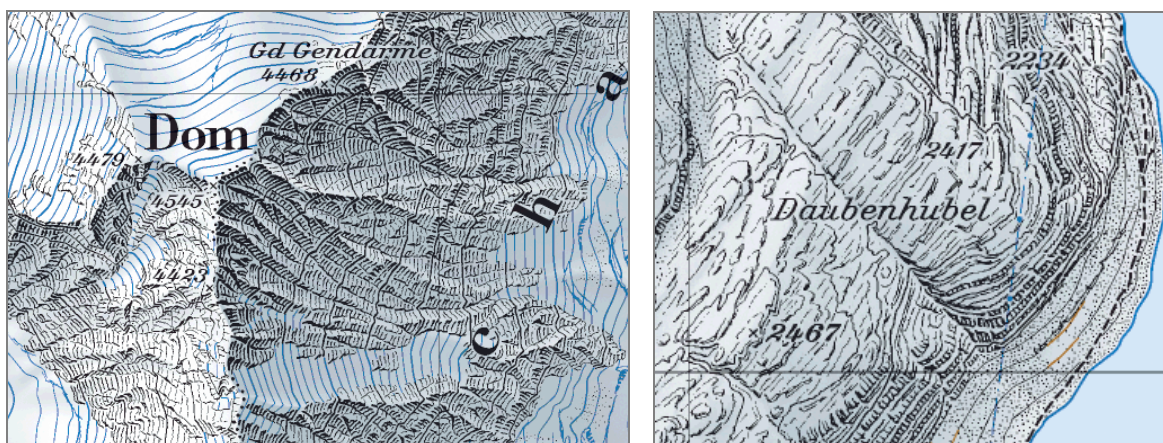
Poněkud větší prostor skalám věnuje publikace Čapka (1992), kde je problematika popsána v samostatné kapitole a jsou rovněž zmíněny alespoň dva alternativní způsoby kresby skal. Čapek se tomuto problému totiž věnoval podrobněji ve své rigorózní práci (Čapek, 1973). Toto dílo se celé věnuje pouze znázorňování skal a popisuje a hodnotí jednotlivé způsoby jejich znázorňování. Z této práce také do značné míry vyjdeme při podrobném popisu tradičních metod.

V souvislosti s tradičními přístupy je potřeba zmínit také publikaci Imhofa (2007), který se v ní tímto problémem dost podrobně zabývá. Z Imhofova díla jsou podstatné zejména obecné myšlenky týkající se kartografické reprezentace skal a popis konkrétní (švýcarské) metody. Z hlediska této práce je dosti podstatné, že žádné z výše uvedených děl se ovšem nevěnuje problému z hlediska digitální kartografie, vzhledem k době jejich vzniku to ani není možné. Kniha (Imhof, 2007) je totiž pouze reedice původního vydání z roku 1965.

Je třeba si uvědomit, že pojem skalní šrafy je poměrně obecný. Žádná z výše uvedených knih (snad s výjimkou Imhofovy) nedefinuje exaktní pravidla pro tvorbu těchto šraf. V klasickém znázornění skal je tak značná tvůrčí svoboda a v jejím důsledku nejednotnost, tedy výsledná podoba kresby skal v lepším případě záleží na použitém stylu kresby (dále v textu jen metodě), v horším případě pak pouze na talentu topografa. Jednotlivé metody, které budou dále popsány, se vyznačují tím, že mají alespoň rámcově stanovená pravidla pro tvorbu šraf, resp. kartografické reprezentace skal. S těmito pravidly je alespoň teoretická šance na dosažení v rámci možností jednotné kresby skal a případnou algoritmizaci takového postupu. Metody se liší právě v tom, jaká je výsledná podoba skalních šraf, z jakých předpokladů jejich tvorba vychází a zda je kresba skal doplněna dalšími vyjadřovacími prostředky zvyšujícími názornost (např. stínováním). Nejprve popíšeme metody používané v alpských zemích, které všeobecně bývají považovány za velmi zdařilé, dále si všimneme postupů používaných v ČR a nakonec zmíníme jednu speciální metodu vyvinutou pro tvorbu topografických map v Sasku, která šrafy vůbec nepoužívá.

2.2.1 Švýcarská metoda

Pravidla pro kresbu skal dále popsaným způsobem vyvíjela ve Švýcarsku v souvislosti se vznikem tzv. *Siegfriedskarte* od přelomu 19. a 20. století. Tato metoda je dodnes považována za nejzdařilejší způsob znázornění velehorského skalního terénu (Čapek, 1992, s. 165). Ukázka kresby skalního terénu tímto způsobem je na obr. 12. Skalní šrafy jsou kombinovány s vrstevnicemi a stínováním. Ve skalách jsou vedeny pouze zdůrazněné vrstevnice, jejichž tloušťka se mění na podkladě severozápadního osvětlení. Základem pro kresbu šraf jsou jednotlivé plochy, oddělené terénními hranami. Hustota šraf je z estetických důvodů stále stejná, mění se ale tloušťka jednotlivých čar. U nejstrmějších stěn se používají vertikální šrafy, které posilují dojem příkrostiti. Úzké strmé srázy se buď uměle rozšiřují, případně se pro jejich znázornění používá šrafura horizontální. Horizontální šrafy ovšem obecně vyjadřují mírnější sklon. Při kresbě je potřeba dbát na to, aby každému zalomení nebo ohybu horizontální šrafy odpovídala změna tloušťky čáry. Naopak, je-li šrafa přímá, její tloušťka se nemění (Čapek, 1992, s. 165). Horizontální šrafy nemají měřickou hodnotu, tj. nemusí to být nutně části vrstevnic konkrétní výšky. Nemusí být dokonce ani přesně vodorovné, ale sledují plochu tak, aby ji dobře vyjádřily (Čapek, 1973, s. 36).



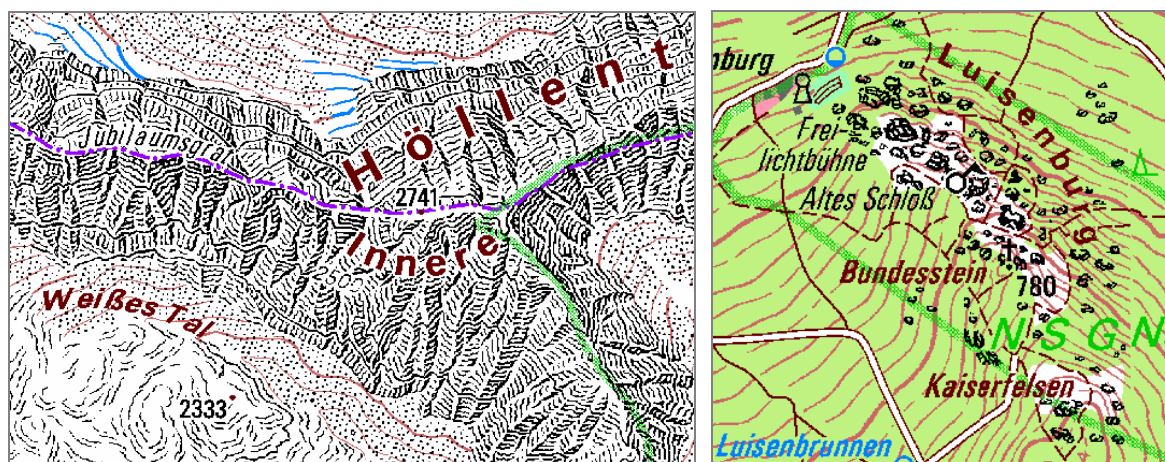
Obr. 12. Švýcarská metoda kresby skal.

Vlevo typické zachycení typického velehorského skalního terénu, vpravo zachycení mírně rozčleněné skalní plošiny. Obě ukázky jsou ze švýcarského kantonu Wallis. V originále v měřítku 1 : 25 000, mírně zvětšeno.

Mapa: Bundesamt für Landestopographie. Zdroj: Swisstopo, 2008.

Čáry terénní kostry se ve výsledné kresbě nechávají jen tam, kde by ze stínované šrafury nebyly terénní tvary dostatečně patrné (například úzké erozní rýhy a rokle), případně u map menšího

měřítka, kde se pro zachycení skal touto metodou používá pouze stínovaná terénní kostra a šrafy se vynechávají. Jednotlivé tvary musí působit plasticky a nesmějí rušit souhrnný dojem makrotvarů. Instruktažní ukázky a podrobnější popis tvorby skalních šraf s použitím švýcarské metody lze nalézt v (Imhof, 2007). Metoda je i tak velmi pracná a pro zdařilý výsledek vyžaduje talent a značné zkušenosti. Hurni et al. (2001) uvádí, že kresba skal na průměrném listu švýcarské národní mapy trvala zhruba 2000 pracovních hodin a celkové náklady dosahovaly zhruba 250 tis. švýcarských franků na mapový list. I to je příčinou, proč se nové mapy s použitím této metody tvoří spíše výjimečně. Kromě Švýcarska je v podstatě stejný způsob kresby skal (ale bez stínování) používán na bavorských topografických mapách (obr. 13). Pokud je švýcarské metodě kromě pracnosti při tvorbě ještě něco vytýkáno, pak jsou to nedostatky z hlediska lokální orientace v terénu, protože zdůrazňuje makrotvary na úkor mikrotvarů (Čapek, 1973, s. 74). S tím souvisí i problémy se zachycením nevelehorských skalních terénů, které je v případě absence dominantních makrotvarů poněkud nevýrazné (obr. 12 vpravo, obr. 13 vpravo).



Obr. 13. Aplikace švýcarské metody na německých topografických mapách. Vlevo velehorský terén východně od Zugspitze, vpravo žulové skalní město Luisenburg u Wunsiedelu (Bavorsko). V originále v měřítku 1 : 10 000, mírně zvětšeno.

Mapa: Bayerische Vermessungswaltung. Zdroj: Geoportal Bayern, 2008.

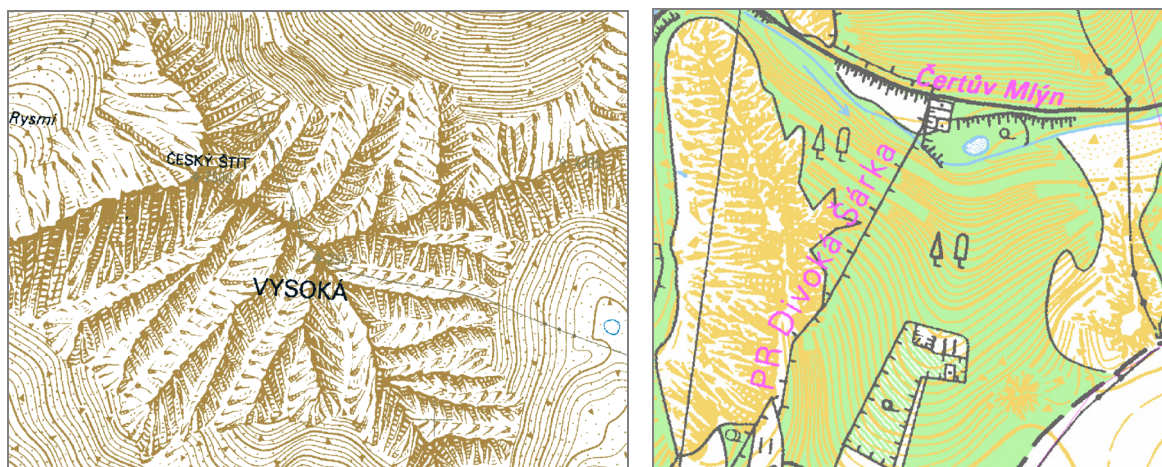
2.2.2 Žebříčková manýra

Tato metoda byla používána na českých, resp. československých topografických mapách v období po druhé světové válce. Jak uvádí Čapek (1973), metoda byla převzata z map tehdejšího SSSR s cílem dosáhnout jednotného provedení u všech vojenských map státu Varšavské smlouvy. Metoda byla později převzata i pro civilní kartografické dílo, tj. Základní mapu ČSSR.

Ukázka žebříčkové manýry je na obr. 14. Charakteristická kresba skal tímto způsobem vyniká zejména ve velehorském terénu. Od vrcholu hřbetu jsou vedeny spádnice, spojené mezi sebou řadou horizontálních šraf. Odtud je i odvozen název metody: výsledná kresba připomíná jakýsi žebříček. Kresba je stínována na podkladě osvětlení od severozápadu. Na zastíněné straně jsou šrafy kresleny silněji a hustěji, směrem do údolí se zeslabují a zkracují. Na osvětlené straně se spádové čáry směrem od vrcholu hřbetu do údolí zužují. Plochy mezi nimi se šrafují jen slabě a směrem do údolí stále řidčeji. Podrobnější oficiální (a v praxi nedodržovaný) popis metody lze nalézt v (Čapek, 1973, s. 49–50). Pokud hřbet probíhá přesně ve směru SZ–JV, zvolí se libovolná strana jako zastíněná.

Podobným způsobem se postupuje i v nevelehorském terénu. U strmých srázů je nutné půdorys skalního útvaru rozšířit, aby se kresba neslila. Metoda není příliš pracná a je relativně přehledná z hlediska vystižení velmi hrubého rozčlenění skalního terénu (tj. jsou z ní patrné výrazné hřbetnice

či údolnice). Z hlediska lokální orientace v terénu je ale pro svoji přílišnou schematičnost nepoužitelná, protože popsáný způsob evokuje představu v terénu neexistujících hřbetů a terénních hran. Ve skalách nejsou vedeny vrstevnice, tj. nejsou-li na mapě doplňkové kóty, nelze určit vertikální rozměry skalního terénu.

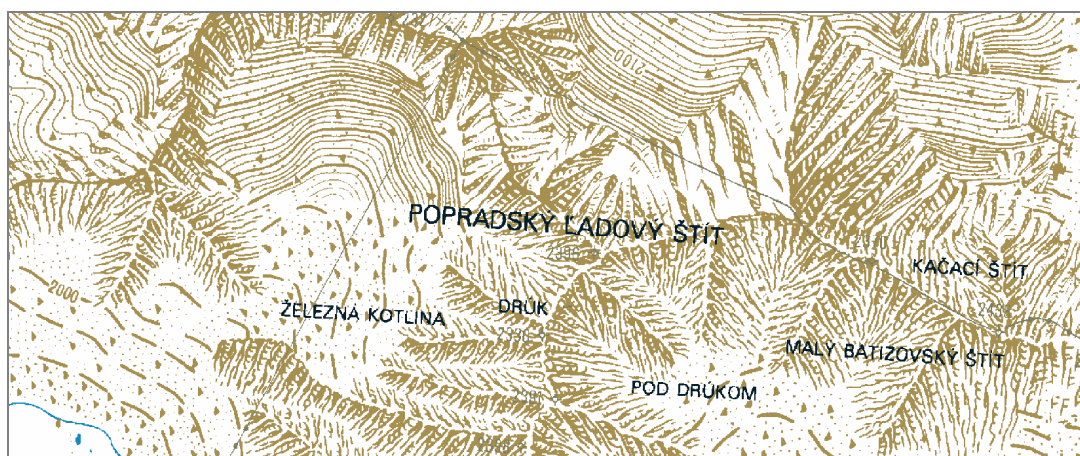


Obr. 14. Žebříčková manýra na Základní mapě 1 : 10 000.

Vlevo velehorský skalní terén z oblasti vysokých Tater, vpravo nevelehorský skalní terén v Praze (mírně zvětšeno).

Zdroj: SAŽP, 2008 (mapa vlevo) a Geofond, 2008 (mapa vpravo).

I navzdory tomuto poměrně instruktivnímu popisu je kresba skal na Základní mapě ČSSR velmi nejednotná, jak upozorňuje již Čapek (1973, s. 51) a jak je patrné např. z obr. 15. Tyto mapy bohužel zůstávají v ČR hlavním zdrojem údajů o výškopisu až do současné doby, takže skály nemohou být ani dnes zachyceny lépe. Metoda, kterou R. Čapek již před více než 30 lety kritizoval, tak v ještě schematictější podobě paradoxně zůstává v Základní mapě ČR zpracované digitálně doposud (podrobněji viz kapitolu 4.5.1).



Obr. 15. Nejednotnost kresby skal žebříčkovou manýrou.

Ukázka ze Základní mapy ČSSR 1 : 10 000, mírně zvětšeno. V horní části jsou skály zachyceny podstatně zdařileji.

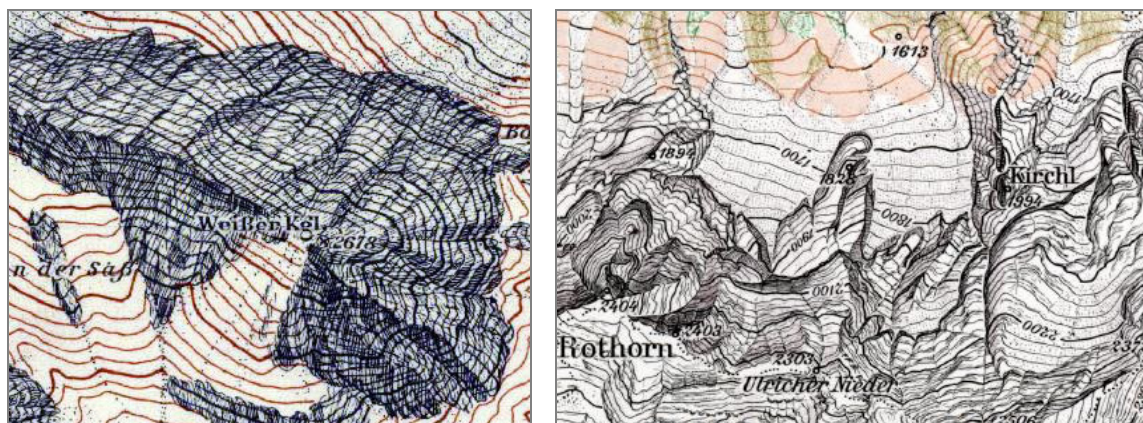
Zdroj: SAŽP, 2008.

2.2.3 Rakouská metoda

Znázorňování skal v Rakousku je spojeno především se jmény kartografů Fritze Ebster a Leonharda Brandstättera (Čapek, 1976). F. Ebster znázorňuje skalní terén pomocí kombinace vrstevnic a volné vertikální šrafury. Šrafy jsou velmi jemné, protáhlé přes celou délku svahu, takže se s vrstevnicemi kříží. Pro zdůraznění makrotvarů se používá stínování při severozápadním osvětlení, kterého se docílí zhušťováním šrafury a změnou tloušťky čáry. Tento způsob kresby je

sice hodnocen relativně příznivě a v zachování všech vrstevnic ve skalním terénu lze vidět výhodu ve srovnání se švýcarskou metodou, na druhou stranu jsou Ebsterovy mapy považovány za špatně čitelné. Ukázka kresby skal Ebsterovou metodou je na obr. 16 vlevo.

Pro účely této práce nás bude ale více zajímat metoda druhého z kartografů – L. Brandstättera. Podstatou dosud popsáných způsobů kresby skal je zdůraznění makrotvarů na úkor drobných terénních tvarů. Tyto drobné terénní tvary mají ovšem velký význam pro orientaci v nejbližším okolí pozorovatele, zvláště pak v nepřehledném terénu. Právě zdůraznění mikrotvarů je podstatou Brandstätterovy metody, kterou Čapek (1976, s. 39) vystihuje mottem „Méně kartografické iluze, více topografického obsahu“. Ukázka kresby skal touto metodou je na obr. 16 vpravo. Omezíme se pouze na stručný popis metody, podstatně podrobněji je metoda popsána v (Čapek, 1976). Ve skalách se kreslí vrstevnice, pokud je ovšem sklon svahu příliš velký, vynechávají se a kreslí se každá pátá. Půdorys strmých srázů se na rozdíl od již zmíněných metod uměle nerozšiřuje. V příkrých svazích se kreslí tenkými čarami pro dosažení plastického účinku vertikální šrafura. Podstatou kresby je ale zachycení objektivně existujících terénních hran, které se na mapě vyjadřují čarami, jejichž síla závisí na ostroti a sklonu hrany. Čím je hrana ostřejší a čím menší má sklon, tím je v mapě (i v terénu) výraznější. Tvary terénu, které nejsou vyjádřitelné v měřítku mapy, se zachycují pomocí strukturních čar. V příkrých svazích se struktura nekreslí, ale s ubývajícím sklonem se stává převažující terénní složkou. Kresba je doplněna tónováním v pruhu na srážnějším svahu hřebene, neodpovídá tedy severozápadnímu osvětlení. Hlavním nedostatkem tohoto přístupu je přílišná roztržitost mapy, která nepůsobí příliš plastickým dojmem. Z hlediska lokální orientace v terénu je tato metoda užitečná tak, jako žádná jiná (Čapek, 1973, s. 81).



Obr. 16. Ukázky tradičních rakouských způsobů znázorňování skal.

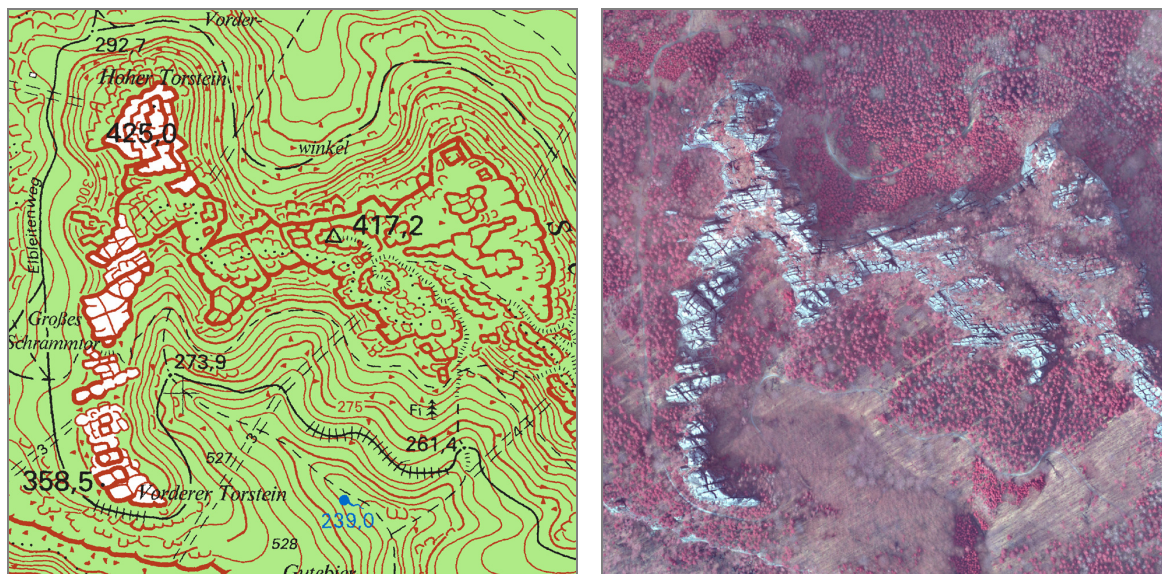
Vlevo výřez z Ebsterovy mapy Geigenkamm (1953), vpravo Brandstätterův způsob kresby skal na mapě Loferer Steinberge (1968).

Zdroj: *Felsuebersicht*, 2008.

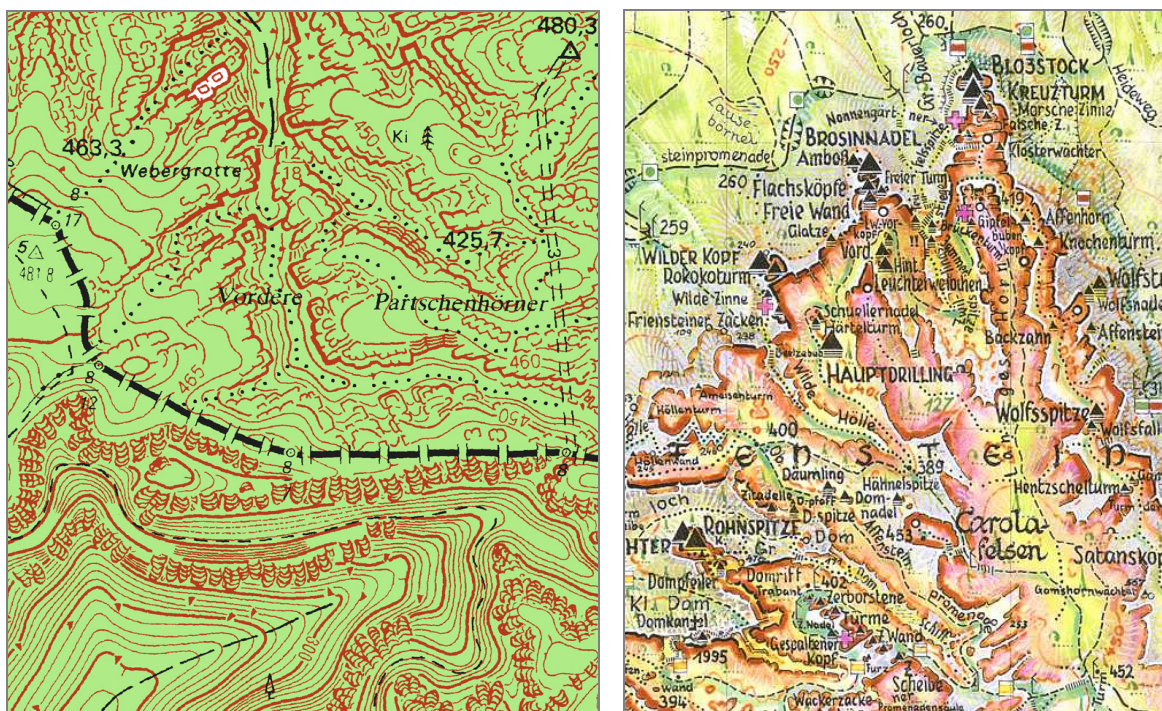
2.2.4 Konturová metoda

Tato metoda byla podle dostupných informací vyvinuta v Sasku v 60. letech 20. století jako vhodný znázorňovací způsob pro pískovcová skalní města oblasti Saského Švýcarska (*Elbsandsteingebirge*). V kapitole 2.1.4 již byla zmínka o tom, že pískovcová skalní města jsou tvořena převážně skalními věžemi a masivy s okrajovými stěnami, které jsou velmi příkré až kolmé. Při takovém sklonu v měřítku mapy horní okraje věží splývají s jejich úpatnicemi a na kresbu skal tak nezbyvá žádné místo (Čapek, 1973, s. 94). Skalní stěny se proto znázorňují půdorysnými čarami, jejichž tloušťka odpovídá relativní výšce stěny. Pro doplnění výškopisu slouží ve vrcholových partiích výškové body, pod úpatnicemi vrstevnice, které by se neměly kresby skalního terénu dotýkat (Čapek, 1992, s. 166). Tloušťka linie vyjadřující výšku skály se

ovšem nemění spojitě, nýbrž se výšky shlukují do několika skupin, tak, aby je čtenář mapy mohl rozlišit. Tloušťky čar se pohybují obvykle od 0,25 do 1 mm (Čapek, 1973, s. 95; Čapek, 1992, s. 166). Ukázku konturové reprezentace v porovnání s ortofotem zachycuje obr. 17.



Obr. 17. Porovnání konturové metody s ortofotem.
Oblast Schrammsteine v Saském Švýcarsku. Snímek je v infračervené části spektra (CIR).
Mapa vlevo: Landesvermessungsamt Sachsen. Zdroj: Geoportal Sachsen, 2008.
Ortofoto: data GeNeSiS. Zdroj: datový podklad Správy NPČS.



Obr. 18. Přednosti konturové metody.
Vlevo: Konturová metoda na topografické mapě v měřítku 1 : 10 000 zachycuje skalní terén mnohem výstižněji než žebříčková manýra (na ukázce v dolní části mapy). Oblast východně od Pravčické brány.
Vpravo: Ukázka turistické mapy z oblasti Affensteine využívající jako základ kresby kontury.
Mapa vlevo: Landesvermessungsamt Sachsen. Zdroj: Geoportal Sachsen, 2008.
Mapa vpravo: R. Böhm. Zdroj: Boehmwanderkarten, 2008.

V pískovcích se ovšem nevyskytují pouze ideální kvádrové tvary se svislými stěnami. Tyto nepravidlosti lze vyjádřit tvarovými čarami, které představují pozůstatky vrstevnic. Aby se od skutečných vrstevnic odlišily, kreslí se slabší čarou. Tyto tvarové čáry má smysl kreslit pouze ve

velkém měřítku. Prohlídka saských topografických map měřítka 1 : 10 000 ukázala, že se tyto čáry na mapě nepoužívají příliš často, resp. jsou většinou k nerozlišení od nejtenčích kontur. Uvedená metoda je pro pískovcový terén velmi vhodná, v porovnání s žebříčkovou manýrou zachycuje jeho rozčlenění a schůdnost mnohem zdařileji (obr. 18 vlevo). Tvorba konturové reprezentace není náročná z hlediska předchozí zkušenosti a výsledek je opakovaně použitelný na dalších mapách. Turistické mapy oblasti Saského Švýcarska německé provenience velmi často používají styl znázornění vycházející z konturové metody (obr. 18 vpravo).

3 Skály z pohledu geoinformatiky

Chceme-li se zabývat skalními útvary z pohledu digitální kartografie, je důležité mít přehled o geografických datech, která budou sloužit jako podklad pro vytvářenou mapu. Získávání těchto dat patří do oblasti geoinformatiky. V této kapitole si blíže povšímneme právě geografických dat použitelných pro tvorbu kartografické reprezentace skal dostupných v ČR. Problém získávání dat bude probrán nejprve obecně, další části kapitoly se věnují popisu a hodnocení konkrétních datových sad a jejich vlastností, zejména z hlediska jejich použitelnosti pro tvorbu kartografické reprezentace skal. V závěru kapitoly upozorníme též na některé zajímavé teoretické problémy související právě se skalními útvary a geoinformatikou.

3.1 Získávání informací o skalách a dostupná data

Skály jsou součástí reliéfu, je proto nasnadě hledat informace o skalách ve výškopisných datech. Ta mají obvykle podobu digitálního modelu terénu (DMT, anglicky *digital terrain model*, DTM). Protože ve výkladu tohoto pojmu panuje značná nejednotnost, v této práci se budeme držet obvyklé terminologie tak, jak je shrnuta v (Kadlčíková, 2007). Pod pojmem DMT budeme tedy rozumět reprezentaci reliéfu zemského povrchu uloženou v digitální podobě, složenou z vlastních dat a interpolačního algoritmu umožňujícího určit výšku v libovolném bodě terénu. Pod pojmem digitální výškový model (anglicky *digital elevation model*, DEM) budeme rozumět pouze model pracující s výškovými údaji udávanými nad nějakou nulovou hladinou.

Digitální modely terénu mohou vznikat různými způsoby (např. interpolací z map, měřením pomocí laserového skenování) a mohou mít různé podoby (např. mřížka, rastr, síť trojúhelníků). Tato data ale pouze zachycují výškové poměry v krajině, nenesou tedy apriori žádnou informaci o výskytu skalního terénu, i když na výskyt skal z nich lze usuzovat (přítomnost příkrých srázů či charakteristických tvarů povrchu). K vymezení skalního terénu jsou proto potřeba další polohopisná data, na jejichž základě lze výskyt skal v terénu vymežit (např. ortofota, družicové snímky, vektorizované mapy). Pro území ČR existuje celá řada DMT i dalších výškopisných dat s globálním i lokálním pokrytím území (viz např. Kovářík; Šatánek, 2006), pro účely této práce byly vybrány pouze některé, do jisté míry reprezentativní podle způsobu jejich vzniku. Lze je rozdělit do těchto kategorií:

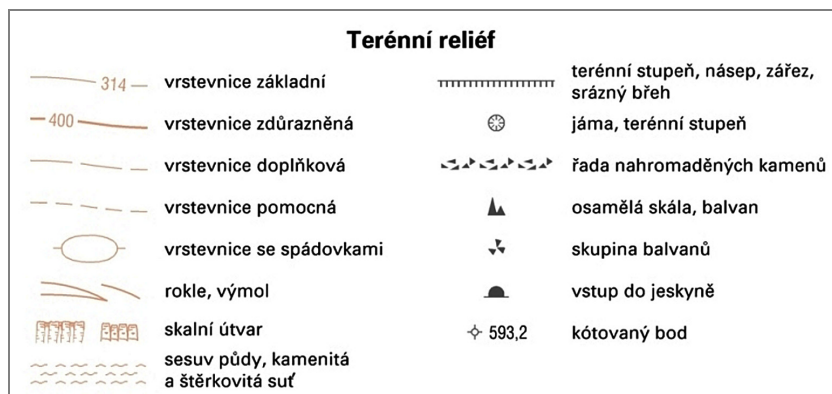
- data vzniklá vektorizací starších mapových podkladů (ZABAGED, DMÚ 25)
- data vzniklá leteckým (příp. družicovým) snímkováním či z těchto snímků přímo odvozená (ortofota, družicové snímky, částečně ZABAGED, DMÚ 25)
- data vzniklá laserovým skenováním (digitální modely terénu vzniklé ALS)
- data vzniklá radarovou interferometrií (data SRTM)
- data vzniklá neměřickými způsoby v terénu (horolezecké náčrty)

V další části této kapitoly se budeme těmto datům věnovat úměrně tomu, jaký mají význam pro tvorbu kartografické reprezentace skal na mapách velkých a středních měřítek. Soustředíme se pouze na vlastnosti dat podstatné z hlediska skal, obecné informace (souřadnicový systém, možnost získání dat) nejsou v textu práce zmíněny a lze je dohledat v odkazovaných zdrojích.

3.1.1 ZABAGED

Databáze ZABAGED (Základní báze geografických dat) vznikla původně vektorizací Základní mapy ČR v měřítku 1 : 10 000 (dále jen ZM 10) a je v pravidelném cyklu obnovována s využitím ortofot. Data pořídil a spravuje Zeměměřický úřad. Jsou distribuována ve formě vektorových

souborů. Detaily vzniku jsou popsány např. v (Egrmajerová, 2004). Data ZABAGED jsou rovněž podkladem pro tvorbu nové podoby Základní mapy ČR v měřítku 1 : 10 000 (dále jen NZM 10). V této práci se nejprve stručně zmíníme o výškopisu obecně a budeme se soustředit především na reprezentaci skalních útvarů v ZABAGED. V ZABAGED je celkem 106 typů objektů rozdělených do 8 kategorií (ČÚZK, 2007).



Obr. 19. Objekty z kategorie terénní reliéf v databázi ZABAGED.
Na obrázku je část legendy – reprezentace jednotlivých typů objektů použitá na NZM 10.
Zdroj: ČÚZK, 2008b.

Do kategorie terénní reliéf patří celkem 13 typů objektů: hranice geomorfologické jednotky; vrstevnice základní; vrstevnice zdůrazněná; vrstevnice doplňková; kótovaný bod; skalní útvary; rokly, výmoly; sesuv půdy, suť; vstup do jeskyně; osamělý balvan, skála; skupina balvanů (v bodové a liniové variantě); stupeň, sráz a pata terénního útvaru. Kartografická reprezentace těchto objektů v podobě, v jaké se objevují na NZM 10, je zachycena na obr. 19. Z těchto typů objektů se nejprve zmíníme o vrstevnicích.

Zajímavosti o skalách z databáze ZABAGED

(stav ke dni 27. 2. 2008)

počet skalních útvarů zachycených bodovým symbolem: **9 550**

počet skalních útvarů zachycených polygonem: **41 312**

celková plocha všech skalních útvarů zachycených polygony: **99,43 km²**

plošně největší skalní útvary:

kar Plešného jezera	175 200 m ²
Bořeň	172 800 m ²
Řež (Moráňské a Červená skála)	165 700 (169 100) m ²
Broumovské stěny (Hájkova rokly)	143 300 m ²
Broumovské stěny (Modrý kámen)	120 700 m ²
Adršpašské skály (oblast Bučina)	114 300 m ²
Sněžka (JZ svah)	109 900 m ²
Křížový vrch	107 300 (115 800) m ²

V přehledu jsou uvedeny skalní útvary, jejichž plocha je větší než 100 000 m². Jedná se o plochu průmětu půdorysu skalního útvaru do vodorovné roviny, skutečná plocha povrchu skalního útvaru je proto větší. Číslo v závorce udává plochu, kterou by polygon měl, kdyby nedošlo k jeho rozdělení na hranici mapových listů. Kvůli dělení na hranici mapových listů také z přehledu vypadly naše nejrozsáhlejší skalní oblasti v Adršpašských a Teplických skalách.

plošně nejmenší skalní útvar: 3,36 m² (výsledek pokusu o přesnou vektorizaci šrafy)

V databázi je podobných útvarů více, celkem 603 polygonů má plochu menší než 100 m² (tj. méně než 1 mm² na původní mapě 1 : 10 000).

okresy zcela bez skalních útvarů: Karviná, Ostrava-město, Hradec Králové

Obr. 20. Zajímavosti o skalách z databáze ZABAGED.

Zdroj: Výpočty autora v ArcGIS nad vrstvami ZABAGED osamělý balvan, skála a skalní útvary.

Většina vrstevnic v databázi ZABAGED vznikla vektorizací původní ZM 10, pouze malé části byly domapovány pomocí stereodvojic v oblastech, kde došlo k podstatným změnám v reliéfu (např.

v oblasti těžby nerostných surovin). Výškopis ZABAGED tak z podstatné části převzal vlastnosti původní Základní mapy, kde je základní interval vrstevnic nejednotný: v závislosti na mapovém listu je buď 2 nebo 5 m. Mezní odchylky ve výšce vrstevnic v závislosti na sklonu terénu a základním intervalu vrstevnic, které uvádí původní předpisy, tj. Metodický návod pro tvorbu a vydávání Základní mapy ČSSR 1:10 000, by ve svažitém nepřehledném terénu, kterým skály obvykle bývají, měly být nejvýše 7 m. V praxi přesnost výsledku závisela na použité metodě tvorby výškopisu. Empirické testování ukázalo mezní odchylky o něco větší (v nepřehledném terénu se sklonem nad 30 stupňů až 9,9 m). Při tvorbě ZM 10 nebyly ve skalách vedeny vrstevnice a ani při tvorbě ZABAGED nebyly v těchto místech doplňovány či interpolovány, což pro uživatele signalizuje, že na daných místech je vyjádření výškopisu nejisté. Příčinu lze obvykle dohledat v polohopisné složce ZABAGED (vrstevnice nebyly vynechávány jen ve skalách, ale i v korytech vodních toků, terénních stupních, náspech, zářezích apod.). V praxi to v rozsáhlejších skalních oblastech pískovcových skalních měst vypadá s vrstevnicemi tak, že v lepším případě jsou vrstevnice pouze na dně roklí oddělujících jednotlivé masivy, v horším případě vůbec (viz např. obr. 24 na str. 31). Podrobnější informace týkající se tvorby a přesnosti výškopisu ZABAGED lze nalézt například v (Egřmajerová, 2004).

Dále se budeme věnovat poněkud podrobněji přímo skalám, které jsou v ZABAGED reprezentovány dvěma typy objektů:

- osamělý balvan, skála
- skalní útvary

Ani jeden z uvedených typů objektů nemá atributy. Vybrané zajímavé údaje jsou zobrazeny v rámu (obr. 20).

Objekty typu *osamělý balvan, skála* jsou bodové. Slouží tedy k zachycení skal, které při tvorbě ZM 10 měly příliš malou plochu na to, aby byly vyjadřovány šrafami. Tyto objekty byly na ZM 10 zachyceny pomocí dvou znaků: jeden byl pro osamělý balvan (znak č. 623), druhý pro skálu a skalní suk (č. 624), viz obr. 21 vlevo. Pokyny pro používání tohoto znaku uvádějí, že „osamělé balvany (tvrdoše) a skály nebo skalní suky, jsou-li vyšší než 1,0 m, se zakreslují zvláštními značkami“ (ČÚZK, 1993). Přesný rozdíl mezi těmito objekty není určen a lze tedy předpokládat, že dost záviselo na topografii. Při tvorbě ZABAGED došlo k jejich sjednocení, tj. na NZM 10 jsou všechny tyto útvary reprezentovány kartografickým znakem podobným tomu, který byl v ZM 10 pro skálu (srov. obr. 21 uprostřed a vpravo).



Obr. 21. Skalní útvary vyjádřené pomocí bodových symbolů.

Vlevo ukázka symbolů pro osamělý balvan (nahore) a skálu a skalní suk (dole). Rozměry v mm.

Uprostřed a vpravo srovnání staré a nové podoby ZM 10 (mírně zvětšeno). Na původní je osamělý balvan od skály odlišen, na nové nikoliv.

Zdroj: ČÚZK, 1993. *Mapy uprostřed a vpravo: Geofond, 2008 a Portál veřejné správy ČR, 2008.*

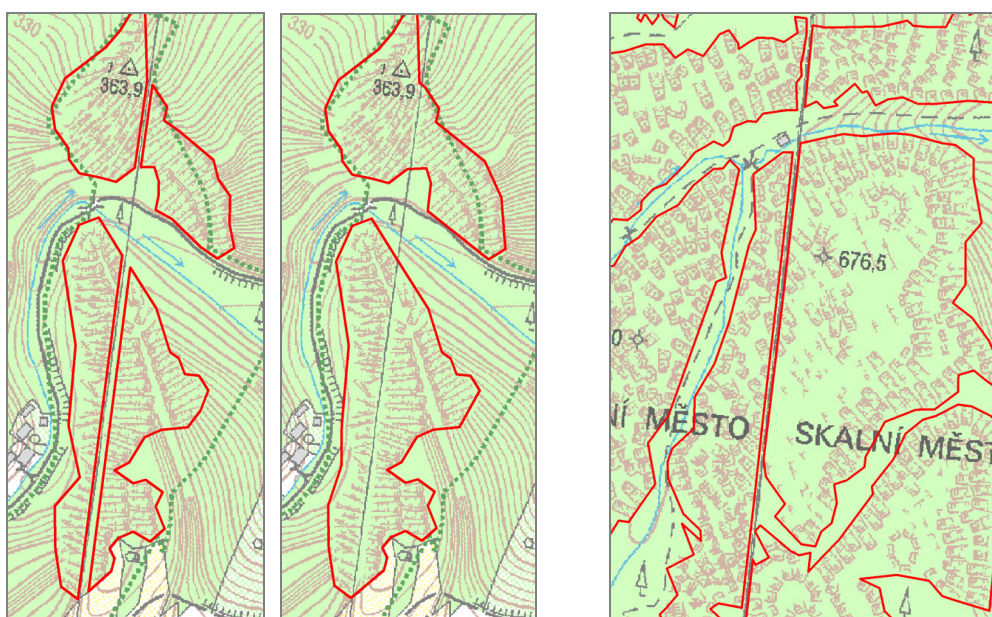
Objekty typu *skalní útvary* jsou reprezentovány jako polygony, resp. uzavřené linie. Ty vznikly vektorizací obvodu těch oblastí, kde byly plošně rozsáhlejší skalní útvary vyjádřeny šrafami, resp.

žebříčkovou manýrou. Vektorizaci polygonů předcházela redakční příprava, prováděná obvykle topografy. Žádné exaktní pravidlo pro vektorizaci stanoveno nebylo a ani jej snad stanovit nelze (Penížková, 2008). Platila zásada, že měl být zvektorizován obvod skal tak, aby uvnitř vzniklého polygonu nebyly vrstevnice. Navíc v původní ZM 10, byly z důvodů čitelnosti tisku skalní útvary často zobrazeny větší než byl jejich skutečný půdorys. Míra generalizace při vektorizaci nebyla stanovena a proto jsou výsledné polygony dost nejednotné (viz obr. 22).



Obr. 22. Nejednotnost vektorizace při tvorbě vrstvy skalní útvary v ZABAGED. V levé části ukázky jsou polygony velmi podrobné, v pravé části je jen hrubý obrys, i když je podoba šraf srovnatelná. Soutisk Základní mapy ČR 1 : 10 000 s vrstvou skalních útvarů (obrysy polygonů červeně).
Zdroj: ČÚZK a Geofond, 2008.

Jisté problémy jsou též na styku mapových listů. Vektorizace totiž probíhala po jednotlivých mapových listech a pokud jeden skalní polygon zasahoval na více mapových listů, byl rozdělen (to se netýkalo jen polygonů skalních útvarů). Teprve s přechodem na bezšvovou databázi od roku 2006 byly problémy u některých polygonů vyřešeny, jinde ještě přetrvávají (viz obr. 23).



Obr. 23. Problémy s polygony skal na hranicích mapových listů. Vpravo stav v oblasti Divoké Šárky v roce 2005, uprostřed v roce 2008. Vlevo oblast Teplického skalního města v roce 2008. Hranice polygonů vrstvy skalní útvary červeně.
Zdroj: ČÚZK a Portál veřejné správy ČR, 2008.

Je otázka, zda při tvorbě ZABAGED nebylo vhodné u plošně rozsáhlejších skalních útvarů provést vektorizaci pozitivních terénních hran (podobně jako to bylo provedeno na Slovensku při tvorbě SVM 50, blíže viz kapitoly 4.6 a 5.4), protože tato informace by usnadnila jak modelování terénu, tak by umožnila automatizovanější tvorbu kartografické reprezentace z těchto dat bez dodatečných informací.

Z hlediska tvorby kartografické reprezentace i modelování je podstatné, že vrstevnice ve skalách chybí; v případě rozsáhlejších skalních oblastí je zde pouze řídká síť kót. Absenci vrstevnic ve skalách nebylo možné při vektorizaci rozumně řešit, protože při tvorbě ZM 10 byla prováděna rovnou kresba skal bez vrstevnicového podkladu. V důsledku toho jsou data ZABAGED nepoužitelná pro podrobnější modelování skalních útvarů a hodí se pouze pro vymezení jejich půdorysu. V současné době se provádí aktualizace výškopisu ZABAGED tak, že se pomocí stereodvojic leteckých měřických snímků doměřují ve 3D viditelné terénní hrany. Skály se ovšem při aktualizaci výškopisu nijak speciálně neřeší. Při aktualizaci polohopisu se do ZABAGED a následně do NZM 10 dostaly i některé skalní útvary, které v původní ZM 10 nebyly (např. v oblasti Ještědského hřebene). To je ale spíše výjimka, při aktualizaci polohopisu skály přibýly totiž pouze tam, kde nebyly zakryty vegetací.

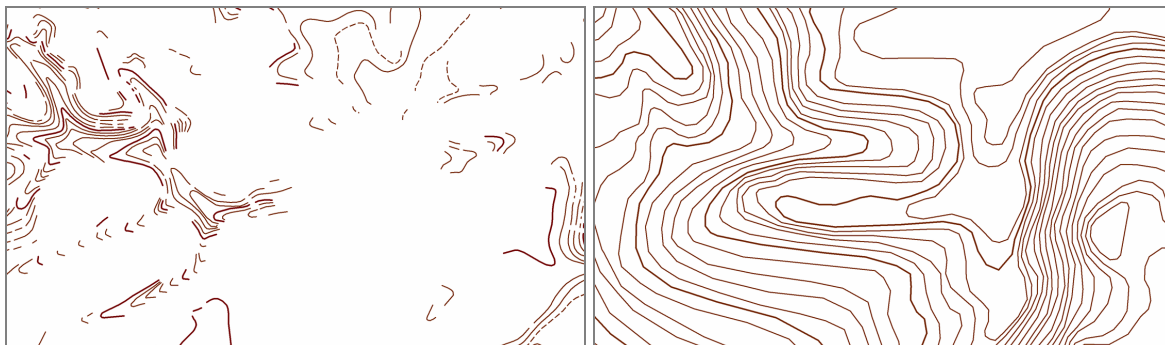
3.1.2 DMÚ 25

Správcem dat DMÚ 25 (zkratka z digitální model území) VGHMÚ Dobruška. Stejně jako u ZABAGED se jedná o vektorová data, původně vzniklá vektorizací vojenských topografických map měřítka 1 : 25 000 (odtud číslo ve zkratce), která jsou aktualizována na základě ortofot a na jejichž základě se vytváří nové vojenské topografické mapy. Struktura těchto dat je popsána v Katalogu topografických objektů, který je s daty dodáván (KTO, 2008). Data jsou distribuována ve formě vektorových souborů. Omezíme se pouze na stručný popis, jednak proto, že vlastnosti dat týkajících se skal jsou podobné těm v ZABAGED, jednak z toho důvodu, že se ani přes opakovanou snahu autora i vedoucího práce nepodařilo pro získání bližších informací speciálně o skalách nikoho z VGHMÚ kontaktovat. Skály jsou v DMÚ 25 reprezentovány trojím způsobem: jako objekty typu *skála*, *balvan* (jako body a jako linie) a jako objekty typu *skalní sráz*. Objekt typu *skála*, *balvan* podle definice reprezentuje „a) skalnatý útvar volně se vyskytující v terénu; b) osamělý balvan c) skupinu balvanů volně se vyskytujících v terénu“ (KTO, 2008). Jedná-li se o objekt reprezentovaný bodem, reprezentuje tento bod těžiště půdorysu objektu, v případě liniového objektu zobrazuje tato linie osu půdorysu objektu. Na původních vojenských topografických mapách v měřítku 1 : 25 000 byly osamělé skály rozlišeny znaky podle velikosti, přičemž menší znak byl vyhrazen pro skály s výškou mezi 5 a 10 m a větší znak pro skály vyšší než 10 m (Předpis TOPO-4-3, 2008, s. 116–117).

Objekt typu *skalní sráz* je polygon a podle definice reprezentuje „výrazný vrstevnatý nebo hladký výstup obnažených pevných hornin, obvykle bez vegetace, někdy i osaměle vystupující ze strmého svahu“ (KTO, 2008). Tyto polygony zachycují obvod skalních útvarů, které byly na původní mapě zachyceny pomocí šraf. Při zobrazování skal pomocí šraf v původní vojenské topografické mapě byl požadavek *podle možností vystihnout jejich charakteristické rysy* (Předpis TOPO-4-3, 2008, s. 123). I v případě, že byl tento požadavek na původní mapě splněn, informace se při vektorizaci ztratila. Vzhledem k původnímu měřítku podkladu jsou polygony méně podrobné než v datech ZABAGED. Na rozdíl od ZABAGED je součástí atributů tohoto typu objektu mj. materiálové složení (tj. typ horniny) podle číselníku (KTO, 2008).

Součástí DMÚ 25 jsou i vrstevnice, jejichž základní interval je 5 m. Hlavní předností DMÚ 25 je, že na rozdíl od ZABAGED jsou vrstevnice vedeny i ve skalách, ovšem značně zgeneralizované.

V případě rozsáhlejších skalních oblastí tyto vrstevnice ale dokáží leckdy vystihnout alespoň hrubé rysy terénu lépe než data ZABAGED (viz obr. 24).



Obr. 24. Srovnání vrstevnic ZABAGED a DMÚ 25.

Vlevo ZABAGED s izolovanými částmi vrstevnic po 2 m, vpravo DMÚ 25 se značně generalizovanými vrstevnicemi po 5 m. Oblast Řeřichové rokle v Adršpašských skalách.

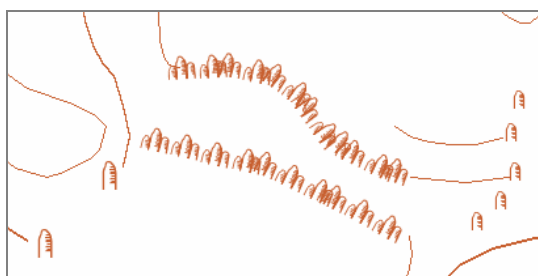
Zdroj: ČÚZK a Portál veřejné správy ČR, 2008.

3.1.3 Skalní útvary na mapách ÚHÚL

Jedná se opět o vektorová data, která vznikla v Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL) digitálním zpracováním existujících analogových mapových podkladů v softwaru TopoL (Slabý, 2000). Tato data jsou zmíněna zejména z toho důvodu, že při vektorizaci skalních útvarů byl použit jiný přístup než u ZABAGED a DMÚ 25. Skály jsou ve výškopisných datech reprezentovány jako 4 vrstvy (ÚHÚL, 2008):

- Skály – bodové zobrazení skupiny skal (bodová vrstva)
- Skála velká – grafické zobrazení velké skály (bodová vrstva)
- Skála malá – grafické zobrazení malé skály (bodová vrstva)
- Skály-linie – skalní izolinie spojující místa se stejnou nadmořskou výškou (liniová vrstva)

Zajímavý je především způsob zachycení skal pomocí linií, který je relativně přímo použitelný pro zobrazení v ArcGIS napodobující žebříčkovou manýru (obr. 25). Podrobněji je tento způsob vizualizace diskutován v kapitole 4.6.



Obr. 25. Ukázka výškopisu z dat ÚHÚL.

Uprostřed liniová vrstva skály-linie, vlevo bodová vrstva skála velká, vpravo bodová vrstva skála malá.

Zdroj: WMS ÚHÚL, 2008.

3.1.4 SRTM

Data SRTM (zkratka z anglického *Shuttle Radar Topographic Mission*) byla pořízena pomocí radarové interferometrie. Cílem tohoto mezinárodního projektu vedeného americkými institucemi NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) bylo pořídit podrobný globální digitální model terénu pro povrch Země mezi 56° j. š. a 60° s. š. Data byla pořízena během 11 dní v únoru 2000 z družice se dvěma anténami

vzdálenými od sebe 60 m. Zpracováním naměřených dat vznikl digitální výškový model, který má mimo území USA rozlišení 3", tj. v našich podmínkách přibližně 90×60 m. Data jsou distribuována jako rastr po čtvercích o straně 1° a jsou volně ke stažení prostřednictvím FTP na stránkách NASA.

Takto pořízený digitální model terénu pochopitelně nerozlišuje skalní a nescalní terén. Přesto má ve skalním, přesněji řečeno ve velmi členitém terénu určité problémy. Na těchto místech totiž data chybí. Tyto oblasti zabírají sice jen 0,2 % z celkové rozlohy mapovaného území, týkají se ale především velehor, soutěsek a kaňonů, tedy míst, kde se skály často vyskytují (SRTM, 2008). Z původních dat je proto odvozena řada modelů, ve kterých byla chybějící data zkombinována s dalšími zdroji (zejména ve velehorách obvykle s topografickými mapami) či jen doplněna interpolací z dat ležících okolo oblastí bez dat.

Pro účely této práce byly použity dva modely. První z nich, pokrývající území ČR vznikl mozaikováním a vyplněním chybějících dat interpolací a vytvořila ho společnost ArcDATA (ArcDATA, 2008). Data tohoto modelu byla pro účely práce pomocí kubické konvoluce v programu Geomatica 9.1 převzorkována tak, že výsledná velikost pixelu byla 50 m. Vzhledem k tomu, že se práce zabývá především mapami velkých a středních měřítek, nemají tato data vzhledem k jejich nízkému rozlišení z hlediska práce zásadnější význam. Přesto srovnání těchto dat s podstatně podrobnějšími daty ZABAGED a DMÚ 25 ukázalo, že v některých oblastech zachycuje terén SRTM podstatně věrněji (podrobněji viz srovnávací ministudii na konci kapitoly 4.2). Druhý model (DED, 2008), pokrývající oblast Vysokých Tater, vznikl ze SRTM doplněného na základě údajů z topografických map. Díky tomu je podrobnější, uváděné rozlišení je 1", tj. velikost pixelu přibližně 30×20 m. Spojení dat však neproběhlo ideálně, v oblastech mezi 1450 a 1500 m jsou v modelu místy nepřirozené stupně.

3.1.5 Data laserového skenování

Laserové skenování představuje v současné době velmi populární způsob získávání informací o terénu. Principem této metody je měření vzdálenosti vysláním laserového paprsku a detekce jeho odrazů. Jednotlivé objekty se skenují pomocí pozemního laserového skenování, rozsáhlejší území pomocí laserového leteckého skenování (angl. *airborne laser scanning*, ALS). V případě objektů s výraznou vertikální členitostí (například právě skály či budovy) se používá kombinace obojího. Výsledkem měření je bodové mračno (*point clouds*), kde každý bod má souřadnici o poloze a výšce a o tom, zda se jedná o první či poslední odraz (*first*, resp. *last echo*). Tato data se netriviálním způsobem dále zpracovávají na digitální modely terénu a digitální modely povrchu. V rámci ČR je v současné době pořizování dat a tvorba modelů ve fázi příprav, resp. experimentálního ověřování (Dušánek, 2008).

Pro účely této práce byla Správou NP České Švýcarsko zapůjčena data odvozená z leteckého laserového skenování, především digitální modely terénu a povrchu ve formě rastru s rozlišením 1 m. Zapůjčené ukázky pokrývají jednak oblast SV od Hřenska v okolí Pravčické brány, jednak oblast *Schrammsteine* ležící v Saském Švýcarsku východně od města Bad Schandau. Data byla pořízena na jaře 2005 a představují i v současné době v kontextu ČR unikátní data, umocněná navíc charakterem území (Gašior, 2006). Podrobné informace o těchto datech a o tvorbě modelů jsou uvedeny v závěrečné zprávě (Trommler; Csaplovics, 2007) a v metadatech (Trommler, 2006), která byla společně s daty poskytnuta. Data jsou použitelná pro celou řadu aplikací, mj. pro topografické mapování v měřítku 1 : 2 500 až 1 : 5 000.

3.1.6 Letecké a družicové snímky

Letecké či družicové snímkování a následná tvorba ortofot představují v současné době nejběžnější způsob aktualizace topografických map. V této sekci opět zmíníme pouze ty informace, které jsou specifické z hlediska skalních útvarů. Pro celé území ČR je k dispozici digitální barevná ortofotomapa s velikostí pixelu 50 cm, kterou nabízí ČÚZK (ČÚZK, 2008a), společnost GEODIS poskytuje data dokonce v rozlišení 20 cm/pixel (Geodis, 2008). Aktualizace těchto snímků je jednou za tři roky, přičemž každý rok je snímkována třetina území republiky v měřítku 1 : 23 000, od roku 2003 na barevný film (Šíma, 2008). Z hlediska zachycení skalních útvarů mají snímky dva hlavní problémy: zakrytí skal vegetací a chyby v poloze skalních útvarů vyplývající z výškové členitosti.



Obr. 26. Skalní útvary na ortofotech.

Vlevo problém zakrytí skal vegetací v oblasti Bludiště v Teplických skalách (srov. s mapou na obr. 54 na str. 57), vpravo polohový posun vrcholu věže Milenci (výška 96 m) v oblasti Adršpašských skal.

Ortofoto: Geodis a ČÚZK. Zdroj: Mapy.cz, 2008.

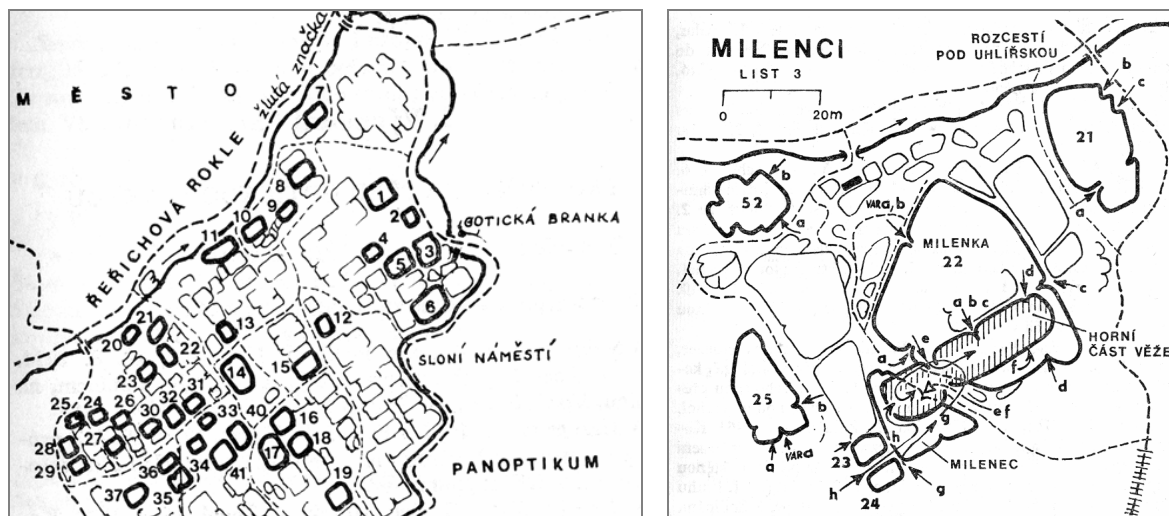
Zakrytí skal vegetací je ovlivněno požadavkem na dobu pořízení dat. Snímkuje se nejdříve v květnu, protože kromě údržby ZABAGED a DMÚ 25 snímky slouží jako zdroj aktuálních informací pro Registr půdy, který je součástí Integrovaného administrativního a kontrolního systému (IACS) Evropské unie, využívaného mj. pro kontrolu zemědělských dotací z fondů EU (Šíma, 2008). Snímkování navíc vyžaduje příznivou meteorologickou situaci. Z hlediska skal to znamená, že koruny stromů zakrývají detaily skalního terénu a ten je na snímcích poměrně obtížně rozlišitelný, resp. z něj vystupují pouze vrcholky skal nezakryté vegetací.

Chyba v poloze skalních útvarů vyplývá ze středové projekce při pořizování snímků. Pokud se snímané místo nenachází přesně pod středem snímku, není v případě vysokého objektu zachycen jeho vrchol polohově správně, ale je posunut. Velikost tohoto posunu je ovlivněna výškou objektu a vzdáleností od středu snímku. Tento problém se netýká jen skal, ale například i vysokých budov, komínů, vysílačů apod. U těchto objektů jsou pak vidět stěny přivrácené ke středu snímku. Řešením tohoto problému je tvorba tzv. pravých ortofot (*true orthophotos*), viz např. Braun (2003), které tyto jevy odstraňují. Důležitým předpokladem pro tvorbu pravých ortofot je ovšem podrobný digitální model povrchu (angl. *digital surface model*, DSM), tedy digitální model terénu upravený tak, že zobrazuje povrch terénu a vrschní plochy všech objektů na něm (koruny stromů, budovy apod.).

Družicové snímky pro aktualizaci topografických databází v ČR nejsou dosud příliš využívány. Je to z toho důvodu, že pořízení a včasná dodávka těchto dat zahraniční institucí jsou nejisté a jednak prostorová rozlišovací schopnost, jakou mají ortofota, není dosud senzory na družicích v civilním sektoru dosahována (Šíma, 2008).

3.1.7 Mapy v horolezeckých průvodcích

Velmi specifický zdroj informací o skalách představují náčrty a mapky v horolezeckých průvodcích. Ukázky takovýchto map jsou na obr. 27. Horolezectví má v ČR poměrně dlouhou tradici a v průběhu let vzniklo značné množství horolezeckých průvodců po jednotlivých skalních oblastech i souhrnná díla týkající se celých regionů. V horolezeckých průvodcích nejsou pochopitelně zachyceny všechny skály v ČR, ale pouze ty, které jsou z hlediska tohoto sportu zajímavé. Vhodné skály jsou obvykle dostatečně vysoké, nepříliš zarostlé vegetací a nepříliš zvětralé. Většina horolezeckých průvodců doprovází popis výstupových cest na jednotlivé skalní útvary detailními náčrty (nejen půdorysnými) a – což je pro účely práce podstatnější – také zachycuje rozmístění skal v terénu včetně jejich půdorysu. Tyto náčrty nemají měřický základ a ve velké většině případů byly pořízeny přímo v terénu *à la vue*, tedy od oka. V posledních letech, kdy jsou na internetu běžně dostupná ortofota s vysokým rozlišením, používají se při tvorbě náčrtů také ortofota, pokud to ovšem vegetace dovoluje (Lukavský, 1999). Kresba skal je v průvodcích poměrně jednotná, používá se podobný způsob, jaký byl popsán u konturové metody, s tím, že jsou pomocí linií zachyceny stěny. Linie obvykle mají rozdílnou tloušťku pro lezecky zajímavé a lezecky nezajímavé objekty, ty první jsou vyznačeny silnější čarou, ty druhé čarou tenčí.



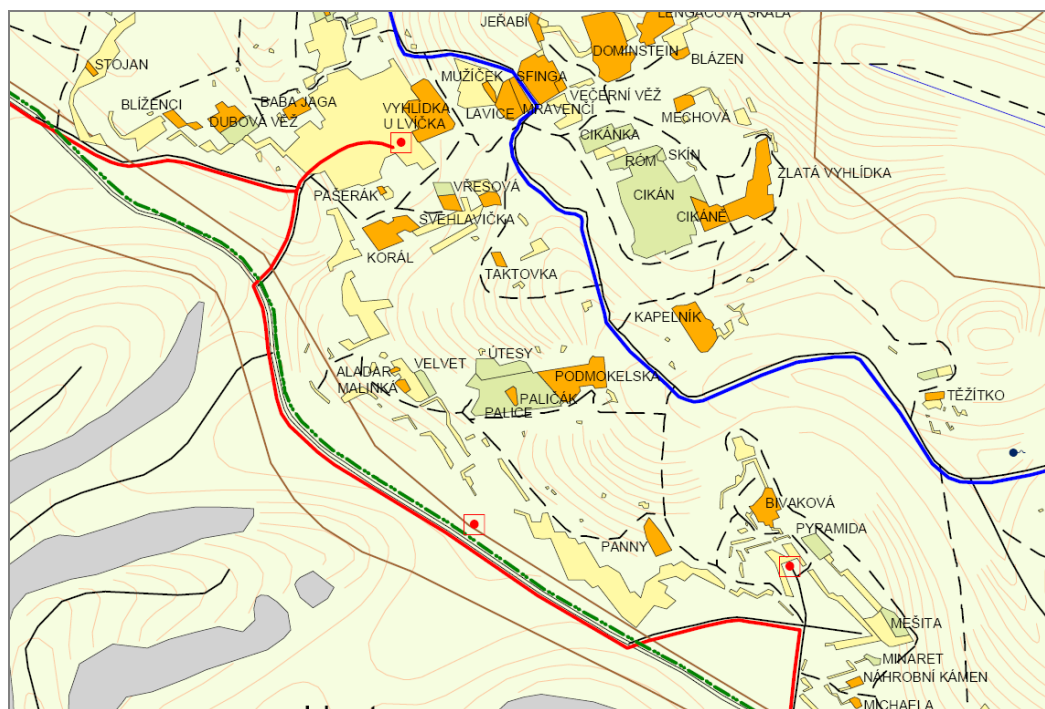
Obr. 27. Ukázky náčrtů z horolezeckých průvodců.

Vpravo orientační náčrt oblasti, vpravo detailní náčrt skalní věže. Obě ukázky z oblasti Adršpašských skal.

Mapy: V. Škaroupka. Zdroj: Šmíd, 1979.

Vzhledem k chybějícím měřickým podkladům horolezeckých náčrtů je jejich použití s dalšími geografickými daty problematické, protože jsou polohově velmi nepřesné. Problémem se zabýval ve své bakalářské práci Grygar (2004), který pro georeferencování těchto náčrtů používal vlíčovací body zaměřené pomocí GPS. Při vlíčování lze též použít ortofota (Lysák, 2007). Náčrty jsou primárně určeny pro nalezení skalního útvaru v terénu, tudíž pro uživatele není polohová přesnost v geodetickém slova smyslu to nejdůležitější. Podstatnější je vystižení vzájemné polohy skal a dalších terénních prvků, podle nichž se lze dobře orientovat. Georeferencování je proto dosti pracné a polohová přesnost výsledku značně diskutabilní.

Pro další použití je vhodné náčrtu vektorizovat, přičemž výsledkem je v závislosti na převládajícím typu terénu (stěny, resp. věže) množina linií, resp. polygonů. Tato data lze následně doplnit atributy z textu průvodce, kde bývá uváděna relativní výška skalních útvarů. Ukázka dat odvozených z horolezeckých náčrtů a jejich srovnání se ZABAGED je na obr. 28.



Obr. 28. Ukázka integrace dat z horolezeckých náčrtů z daty ZABAGED.

Ukázka z Informačního systému lezecké oblasti Hruboskalsko. Šedé polygony v levé části ukázky jsou z dat ZABAGED, skály v pravé části ukázky podle horolezeckých náčrtů. Měřítko mapy v originále 1 : 2500, zmenšeno.

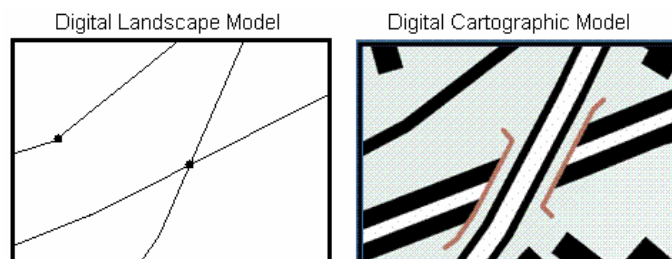
Zdroj: Grygar, 2004.

I přes výše popsané problémy představují v současné době tato data alespoň teoreticky nejpodrobnější a poměrně dostupný zdroj informací o skalách, který lze alespoň pro některé skalní oblasti získat bez nutnosti práce přímo v terénu a to je ostatně i důvod, proč byly v této práci zmíněny.

3.2 Reprezentace skal v GIS a teoretické problémy

Při modelování reality v GIS, jejíž součástí má být také mapový výstup, se rozlišují obvykle dva modely: *Digital Landscape Model* (digitální model krajiny) a *Digital Cartographic Model* (digitální kartografický model, viz též instruktážní obr. 29). Digitální model krajiny představuje vlastní vektorová (či rastrová) data, aniž by řešil jejich zobrazení na vytvářené mapě. Data zmíněná v předchozí kapitole představují konkrétní podobu právě tohoto modelu: jedná se o polygony, linie či rastry. Tato data jsou invariantní vůči měřítku. Jedním z použití těchto dat je tvorba map. Data je nutno nejprve přepracovat na kartografický model a ten následně vizualizovat. Skalní útvary představují velmi dobrý příklad situace, kdy je přechod od modelu krajiny k výstižnému kartografickému modelu netriviální operace: je to úloha vytvořit například z polygonu vymezující jejich půdorys množinu linií představujících šrafy. Je zřejmé, že kartografický model invariantní vůči měřítku není. Tento problém se v klasické kartografii řeší pomocí generalizace. V digitální kartografii nabízí elegantní řešení reprezentace, které podporuje ArcGIS od verze 9.2. Reprezentace umožňují pro jeden model krajiny (tedy z jedné dat) vytvořit více kartografických modelů (např. v závislosti na měřítku či účelu mapy). Z hlediska této terminologie je v praxi používaným kartografickým modelům věnována kapitola 4 a popis vlastního kartografického

modelu je též součástí návrhu vlastní metodiky popsané v kapitole 5. V této sekci se proto budeme věnovat pouze modelům krajiny, resp. terénu z poněkud obecnějšího pohledu.



Obr. 29. Digitální model krajiny versus digitální kartografický model.
Zdroj: Nápověda k programu ArcGIS 9.2.

Skály jsou součástí terénu, proto je přirozené je reprezentovat stejně jako terén. Nejjednodušší představa je terén jako funkce dvou proměnných (polohy, tj. geografických souřadnic v konkrétním souřadnicovém systému), jejíž funkční hodnotou je výška (nadmořská výška v konkrétním výškovém systému). Tato funkce není popsána matematickým předpisem, ale je na základě měření diskrétně navzorkována. Součástí digitálního modelu terénu je pak i algoritmus, který mezi navzorkovanými hodnotami interpoluje a umožňuje tak zjistit výšku v libovolném bodě.

V řadě digitálních modelů terénu je navzorkovaná funkce uchovávána v podobě mřížky či rastru, kde každý bod (pixel) nese údaje o nadmořské výšce daného místa či střední hodnotě výšky na dané ploše. Jedná se tedy o dvourozměrnou matici, jejíž prvky se interpretují jako nadmořská výška. Zásadním problémem tohoto jednoduchého přístupu je to, že terén ve skutečnosti není funkce dvou proměnných. Tento problém nastane v oblastech s členitým reliéfem, ke kterým patří právě skály a projevuje se v podobě převisů či jeskyní. V těchto případech je hodnota reprezentovaná v místě převisu pouze hodnotou odpovídající výšce terénu v místě nad převisem. Proto se o těchto datech mluví jako o 2,5D datech, protože neumožňují zachytit plně trojrozměrné objekty, tedy například již zmíněné převisy, jeskyně, skalní brány apod.

Při odvozování modelů terénu z vrstevnicových map je tento nedostatek pochopitelný (mapy převisy a jeskyně neřeší pomocí vrstevnic), při tvorbě modelu terénu s využitím letecké fotogrammetrie jsou převisy zakryty přečnívající skálou. Stejná situace je i při leteckém laserovém skenování. Řešení představuje například pozemní fotogrammetrie, z modernějších metod pak pozemní laserové skenování či kombinace pozemního a leteckého laserového skenování.

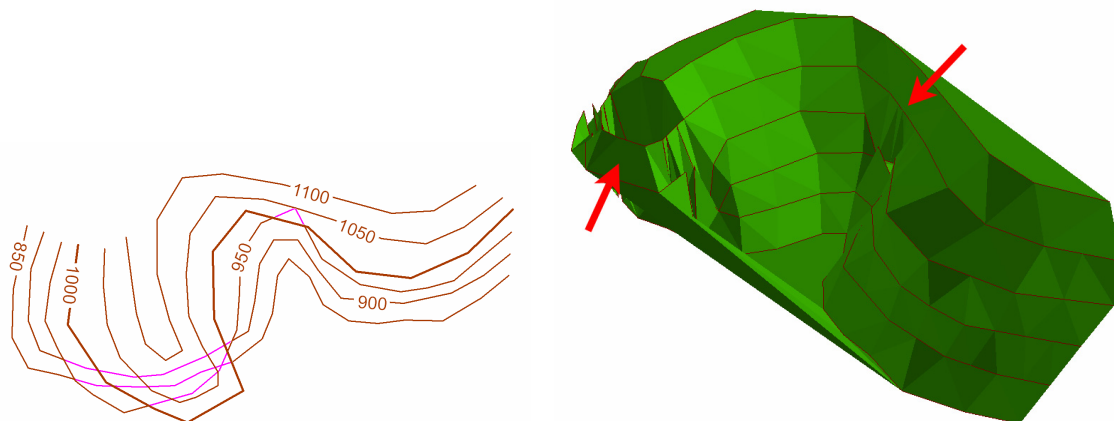
Výsledkem těchto postupů jsou vrstevnice či množina bodů, které umožňují plně trojrozměrnou rekonstrukci zachyceného objektu. Pro zachycení plně trojrozměrných objektů se používají v zásadě dvě skupiny přístupů:

- objemové reprezentace
- povrchové reprezentace.

Objemové reprezentace používají tzv. voxely. Vztah voxelu ke scéně je stejný jako vztah pixelu k 2D obrazu. Voxel je tedy nejmenší element 3D prostoru ve tvaru krychle, který má v celém svém objemu konstantní hodnotu. Voxely jsou uspořádány do tvaru pravoúhlé mřížky. Tato struktura umožní zachytit libovolné povrchy a členitost terénu, zásadní nevýhodou je však jejich náročnost z hlediska množství dat a pomalost zobrazování (Žára et al., 2004, s. 284). Touto reprezentací bychom byli schopni zachytit nejen povrch, ale například i jednotlivé geologické vrstvy pod ním.

Oproti tomu povrchové reprezentace zachycují pouze povrch krajiny nejčastěji pomocí trojúhelníkových sítí. Tento formát umožňuje plnou trojrozměrnou reprezentaci a jeho hlavní

výhodou je jejich rychlé vykreslování. K těmto reprezentacím patří i TIN či Terrain používané v ArcGIS, nicméně jednoduše si ArcGIS s převisy neporadí (obr. 30).



Obr. 30. Problémy ArcGIS s modelováním převisů.

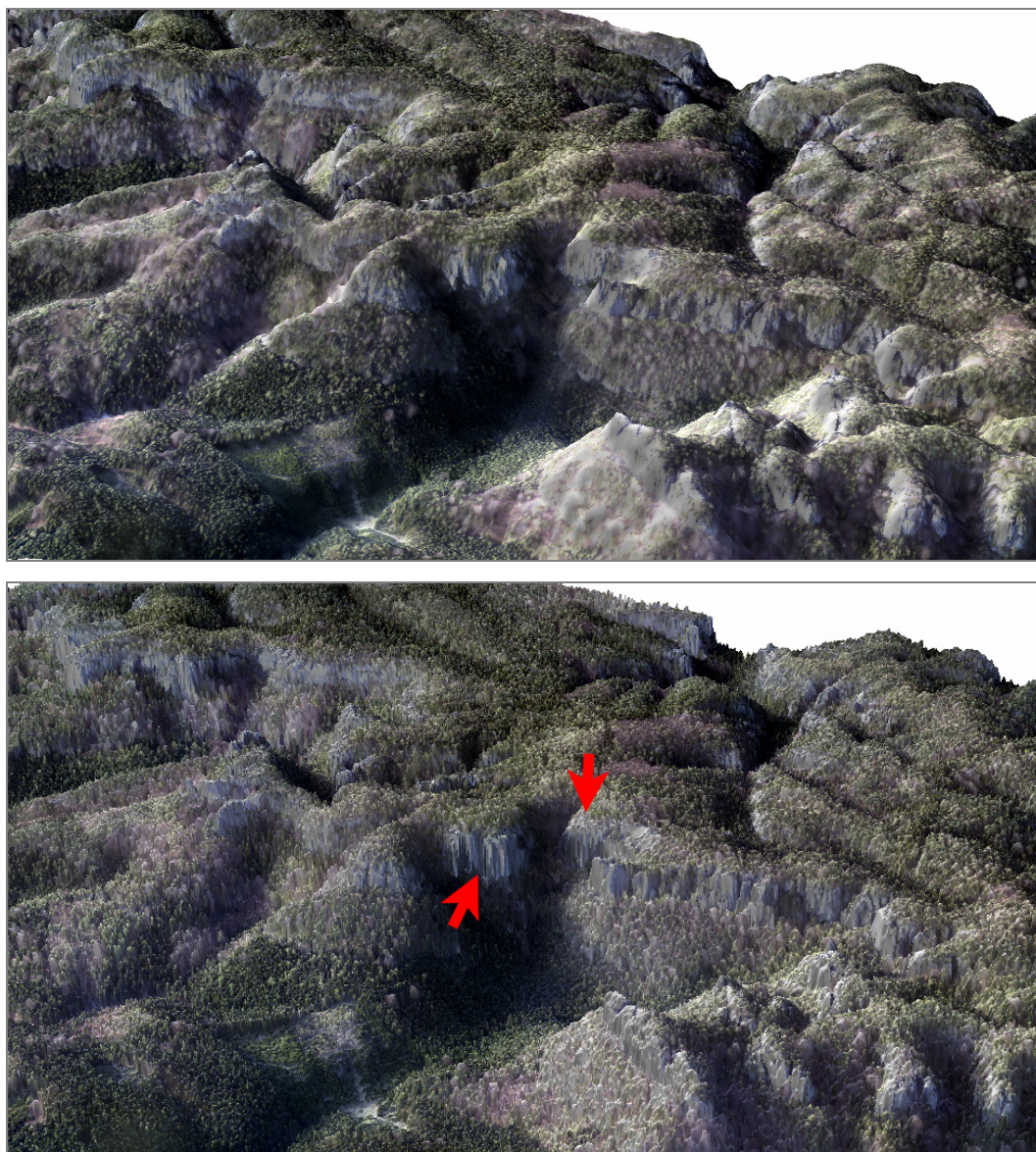
Vlevo vrstevnice fiktivního terénu, jejich části zakryté převisem jsou podbarvené fialově.

Vlevo výsledný TIN odvozený z těchto vrstevnic zobrazený v programu ArcScene. Šipky označují místa, kde jsou v oblastech převisů vytvořeny nereálné terénní tvary.

Jediný autorovi známý software, spadající do kategorie GIS, o kterém je autorovi práce známo, že by si měl poradit s plně trojrozměrnými objekty je PhoTopoL Atlas od společnosti Topol Software.

3.3 3D vizualizace skalních útvarů

Zajímavý problém související s trojrozměrnou reprezentací představuje 3D vizualizace skalních útvarů. Z hlediska této práce není úplně podstatný, přesto se o něm krátce zmíníme z ryze praktického pohledu a poněkud širěji z pohledu teoretického, abychom ukázali zajímavé souvislosti geoinformatiky s dalšími vědními obory. Autor práce se problematikou 3D vizualizace skal již zabýval (Lysák, 2007) na příkladě Adršpašského skalního města. Výsledky byly ale do značné míry ovlivněny neexistencí dostatečně podrobných dat. Autorovi práce nejsou v současné době známa data pokrývající některou ze skalních oblastí na území ČR, která by byla použitelná pro vizualizaci skalních útvarů v jejich plně trojrozměrné podobě. Existují ovšem podrobné modely konkrétních skal (například Pravčické brány). Obvykle se vizualizace provádí tak, že se digitální model terénu (či lépe digitální model povrchu, je-li z daného území dostupný) pokryje texturou tvořenou ortofotem z daného území. V rovinatém terénu se obvykle model ještě převyšuje, ve skalách to nebývá nutné. Kvalita výsledné reprezentace odpovídá kvalitě dat. Hlavní problémy představují přesnost a podrobnost digitálního modelu terénu (povrchu) a jejich „slícování“ s ortofotem. Potížemi ortofot jsou již zmíněné polohové nepřesnosti vyplývající z výšky skalních útvarů, a pak také skutečnost, že jsou pořízena shora. Při perspektivním pohledu na krajinu pak totiž na kolmých stěnách skal nejsou žádné detaily. To nepředstavuje zásadní problém v situaci, kdy na skalní stěnu vyjdou pixely v barvě skály. Pokud se ale pod skálou nachází například porost, vede výsledná vizualizace, která může být mimo skalní terén velmi zdařilá, k nepřírozenému „smazu“ skalní stěny (místa označená šipkami obr. 31). Řešením by bylo získání obrazu skalních stěn při čelním pohledu. Pro detailnější realistický pohled by ovšem ani tento obraz nestačil, kvůli charakteru 2,5D dat, byla by potřeba data plně trojrozměrná.



Obr. 31. Problémy s 3D vizualizací skalních útvarů.

Dvojice obrázků z oblasti Pravčické brány ilustruje vliv rozlišení digitálního modelu povrchu na výsledek.

Nahoře vizualizace provedená nad DSM s rozlišením 10 m, terén působí velmi shladeně.

Dole vizualizace provedená nad DSM s rozlišením 2 m, výsledek je daleko věrnější. Červeně označené šipky na dolním obrázku ukazují místa, kde na kolmých skalních stěnách dochází ke smazu.

Vizualizace v ArcScene.

Podkladové ortofoto a DSM: data GeNeSiS. Zdroj: datový podklad Správy NPČS.

3.3.1 Skály a fraktální geometrie

Zatímco v předchozím odstavci jsme stručně nastínili možná úskalí související s praktickou stránkou tvorby 3D pohledu, v této kapitole bude kladen důraz na teoretičtější stránku věci. Tvorba věrných modelů reality souvisí s odvětvím počítačové grafiky, které se nazývá procedurální modelování. Tento obor se zabývá automatickým generováním objektů, které se vizuálně či svým chováním podobají objektům v přírodě (Žára et al., 2004, s. 265). Z procedurálního modelování nás pak bude zajímat zejména fraktální geometrie. Ta poskytuje dobrý aparát k modelování přírodních útvarů. Uměle vytvořené předměty se vyznačují geometrickou přesností a pro jejich popis se hodí klasická geometrie. Ta v případě přírodních objektů selhává: je velmi obtížné věrně popsat mrak jako množinu koulí či interaktivně modelovat terén pomocí sítě trojúhelníků. Z hlediska modelování a vizualizace krajiny nás budou zajímat zejména tzv. nedeterministické fraktály.

Základním pojmem nedeterministické fraktální geometrie je pojem soběpodobnost (*self-similarity*). Řekneme, že množina A je statisticky soběpodobná, jestliže je sjednocením konečného počtu kopií sebe samé, přičemž každá kopie má stejné statistické charakteristiky (obvykle je v praxi požadována shoda průměru a směrodatné odchylky) jako množina A . Praktickým příkladem takového soběpodobnosti je kámen a skála. Budeme-li porovnávat vhodně pořízenou fotografii kamene a skály, kde nebude nic, co by nám dovolovalo určit měřítko, bude velmi těžké rozhodnout, zda je na fotografii kámen či skála. Zobecněním této představy se lze dostat k pojmu fraktál. Intuitivně lze jako fraktál chápat jakýkoliv velmi členitý objekt, který je obtížné měřit (klasickým příkladem je mořské pobřeží a jeho délka, která je svázána s přesností měření – délkou „měřicí tyče“. Čím bude délka této tyče kratší, tím větší délku pobřeží naměříme.). V uvedeném příkladu bude celková délka pobřeží svázána s délkou měřidla pomocí tzv. fraktální dimenze. Exaktní definice fraktálu a fraktální dimenze přesahuje účel této práce a lze ji najít např. v (Žára et al., 2004, s. 269). Přírodní objekty neodpovídají zcela matematické definici fraktálů, ale je uznávanou dohodou tyto objekty za fraktály považovat. Podstatné pro nás bude, že fraktální dimenzi, která je důležitá pro modelování přírodních objektů, lze pro konkrétní typy odhadnout, resp. existují algoritmy na její přibližné spočítání. Například odhad fraktální dimenze mořského pobřeží je 1,26 či neerodovaných skal 2,2 – 2,3 (Žára et al., 2004, s. 271). Všimněme si, že fraktální dimenze těchto objektů je ostře větší než jejich dimenze topologická (ta je u mořského pobřeží 1, protože se jedná o křivku, u povrchu skal 2, protože se jedná o plochu).

Na popsaném matematickém formalismu jsou založeny algoritmy pro tvorbu umělých (leč velmi reálně vypadajících) krajin, které mají aplikace například v počítačových hrách, ale jsou použitelné i pro věrnou vizualizaci geografických dat. Algoritmy vycházejí z takzvané zlomkové Brownovy plochy (*fractional Brownian motion*, dále jen *fBm* plocha). Její fraktální dimenze D je z intervalu $\langle 2, 3 \rangle$ a je dána vztahem

$$D = 3 - H,$$

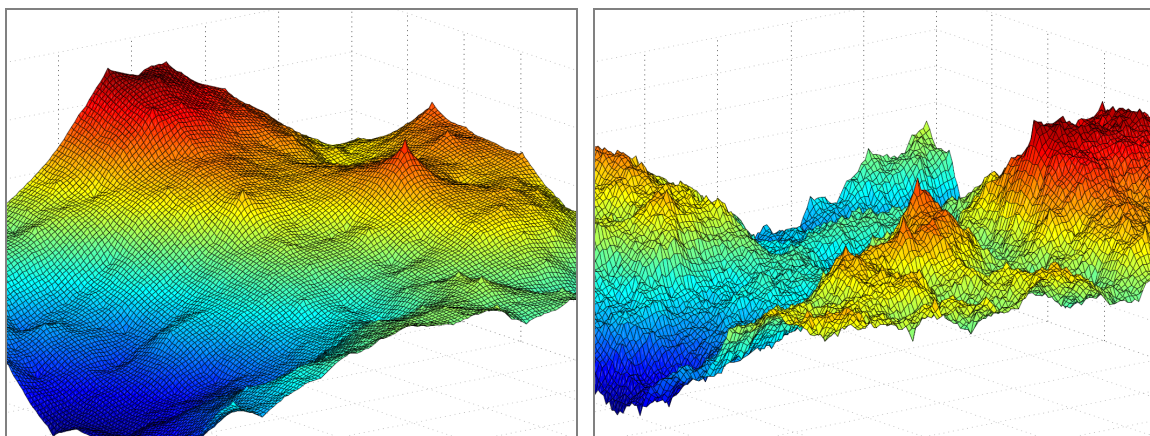
kde H je tzv. Hurstův exponent z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Tato plocha představuje dobrou aproximaci neerodovaného přírodního povrchu. Jedním ze způsobů, jak tuto plochu získat, je fraktální interpolace s využitím metody náhodného přesouvání středního bodu (*random midpoint displacement*). Algoritmus vychází ze čtverce, v jehož rozích je známa výška terénu. Podstata algoritmu spočívá v rekurzivním dělení čtverce, přičemž výška středu čtverce se určí jako průměr sousedních hodnot modifikovaný o náhodné číslo. Tato náhodná čísla mají gaussovské rozdělení, které se mění v závislosti na iteraci algoritmu podle vztahu

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{2^{2H(i+1)}} \sigma^2,$$

kde H je Hurstův exponent a i je iterace algoritmu, přičemž počáteční hodnota σ^2 je 1. V dalším kroku se podobně spočítají výšky středů čtverců tak, že se čtverec otočí o 45° . Tím vzniknou čtyři nové čtverce a postup se rekurzivně opakuje. V krajních oblastech čtverce se v některých případech provádí interpolace pouze ze 3 bodů, v praxi to však nevadí, protože chyba, která takto vznikne, není vizuálně patrná. Ukázky vytvořené krajiny v závislosti na Hurstovu exponentu jsou na obr. 32. Podrobnější popis algoritmu lze nalézt v (Žára et al., 2004, s. 279–280). Vlastní jednoduchá implementace algoritmu v podobě sady skriptů v Matlabu je uložena na CD v adresáři *fraktaly*.

Z ukázky je patrné, že krajina odvozená pomocí *fBm* vypadá poněkud nezvykle. To je způsobeno tím, že fraktální terén má jednu zvláštní vlastnost: vypadá jako model terénu, i když ho otočíme vzhůru nohama. Tuto vlastnost mají v přírodě pouze geologicky mladé objekty, v realitě je tvar vrcholů odlišný od tvaru údolí. Dalším krokem k dosažení realistického vzhledu fraktálních

krajin jsou erozní algoritmy (Žára et al., 2004, s. 285). Eroze pak shladí nereálně vypadající špičky a zaplní nepřírozně tvarované prohlubně, které jsou z ukázky patrné.



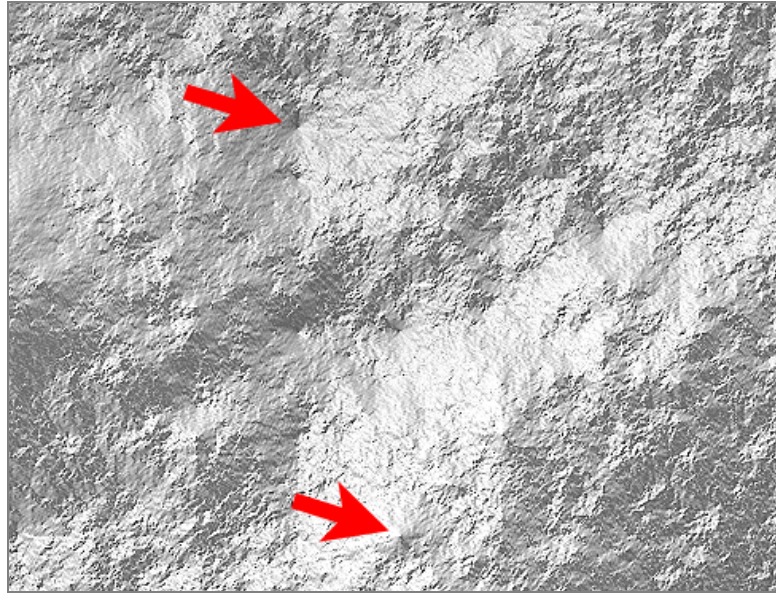
Obr. 32. Ukázky ploch vzniklých fraktální interpolací.

Obrázek ilustruje vliv Hurstova exponentu H na výslednou členitost plochy. Plocha vlevo má $H = 0,8$, její fraktální dimenze je tedy 2,2; výrazně členitější plocha vpravo má $H = 0,5$, její fraktální dimenze je tedy 2,5.

Zdroj: vlastní výpočty v Matlabu.

Smysl uvedeného algoritmu pro geoinformatiku pochopitelně nespočívá v generování umělých fraktálních krajin. Praktická aplikace tohoto postupu je při lokálním zhuštění digitálního modelu terénu pro účely vizualizace skal. Pokud je totiž ve skalách použita klasická lineární interpolace na málo podrobném digitálním modelu terénu, působí jejich povrch nepřírozně shladeně (obr. 31 nahore). Vyhlazení je žádoucí u běžného typu terénu, ale ne u skal. Pro realistickou vizualizaci skalních útvarů je vhodnější použít právě fraktální interpolace. Využití fraktální interpolace vnáší do modelu terénu sice neexistující hodnoty (to ovšem lineární interpolace také), ve výsledku ale celek působí mnohem přirozenějším dojmem. Interpolace se v tomto případě provádí mezi body mřížky o známé nadmořské výšce. Hurstův koeficient pak může sloužit k ovlivnění výsledku podle charakteru skály: pískovce, které bývají zaoblenější, mohou mít vyšší hodnotu koeficientu, jiné horniny, které vytvářejí ostré hřebítky, budou mít tento koeficient nižší. Nelineární interpolaci nad trojúhelníky podporuje i ArcGIS například ve funkci *TIN to Raster*.

Na závěr ještě zbývá objasnit, proč jsme věnovali tolik místa popisu fraktální geometrie, když s vlastním kartografickým zaměřením práce zdánlivě nesouvisí. Přesto mají šrafy i fraktální modely vytvořené z hrubého DMT něco společného: představují jistou iluzi v tom smyslu, že nejsou exaktním ale jen přibližným vyjádřením reality, ale pro lidské vnímání vyhovující. Naskytá se tedy otázka, zda by dostatečně jemný automaticky vystínovaný fraktální model povrchu zachycující charakteristické skalní výběžky a hřebítky nebyl přepracovatelný pomocí vhodného hranového filtru na rastr, který by vzbuzoval podobný dojem jako šrafy. Iniciativa autora práce tímto směrem skončila na tom, že vytvořený fraktální model na základě hrubé mřížky byl sice vizuálně poměrně reálný, ale při jeho vystínování se odhalily nereálné singularities (ukázka podobného problému pro fiktivní terén je na obr. 33). Jisté řešení v tomto směru by mohly představovat erozní algoritmy.



Obr. 33. Vystínovaný fraktální model.

Na osvětlených stranách lze najít struktury připomínající šrafy. Šípkami jsou označené singularity (horní šípka označuje prohlubeň, dolní šípka nepřirozeně špičatý vrchol). Místy je patrné rozdělení na čtverce, po kterých probíhá výpočet.

Zdroj: vlastní výpočty v Matlabu.

4 Skály z pohledu digitální kartografie

Naskýtá se přirozená otázka, proč se skalními útvary z pohledu digitální kartografie vůbec zabývat. Pokud existují osvědčené a léta vyvíjené tradiční metody pro zachycení skal na mapách, bylo by přirozené je převést do světa digitální kartografie. Obecně můžeme na problém tvorby reprezentace skal nahlížet dvěma způsoby:

- vycházet z některé z klasických reprezentací skal popsanych v kapitole 2 a hledat způsob, jak prostředky digitální kartografie tuto reprezentaci vytvořit, nebo
- vycházet z dostupných dat a snažit se vytvořit kvalitní reprezentaci skal vzhledem k dále popsaným kritériím z nich.

Teoreticky je samozřejmě lepší použít první přístup, tj. snažit se vytvořit něco osvědčeného a léta používaného. Tvorba klasické reprezentace je ovšem nesnadný úkol. Znamená to pokusit se přeformulovat velmi vágně definovaná kartografická pravidla do programovacího jazyka. Je jasné, že tento cíl je i se znalostí sofistikovaných algoritmů počítačové grafiky, informatiky a matematiky velmi obtížné splnit a zatím dosažené výsledky, zmíněné podrobněji v kapitole 4.10, to jen potvrzují. Navíc například v podmínkách ČR narážíme na to, že v současné době nejsou globálně dostupná dostatečně kvalitní data, která by pro vstup takového algoritmu mohla sloužit. V praxi se proto volí druhý postup: vychází se z dostupných dat a z nich se vytváří více či méně vhodná podoba kartografické reprezentace skalních útvarů. Je nasnadě, že kvalita výsledku dosaženého tímto postupem bude za kvalitou tradičních metod.

V této kapitole budou ukázány možné přístupy používané k praktické tvorbě kartografické reprezentace skalních útvarů na současných mapách s využitím prostředků digitální kartografie. Za prostředky digitální kartografie budeme pro účely práce považovat především software ArcGIS (použita verze 9.2) a OCAD (použita verze 9). U každé z metod bude poukázáno na její přednosti, nedostatky a možná vylepšení s přihlédnutím ke kritériím, která jsou zmíněna v úvodu této sekce.

Jednotlivé metody byly zjištěny převážně empiricky, tj. prohlédnutím a detailním zkoumáním většího množství map z různých kartografických vydavatelství z různých zemí. U každé mapy se autor práce snažil určit nejjednodušší postup, jak dosáhnout odpovídající reprezentace prostředky digitální kartografie a zařazení použitého způsobu do jistého kontextu. Tímto způsobem vzniklo rozdělení map podle použité techniky. I detailní studium problematiky si výčet nedělá nároky na úplnost; jednotlivé přístupy lze totiž různým způsobem kombinovat. To ostatně dělá i tato práce, která se snaží vzít si z každé popsané metody její dobré vlastnosti a spolu s tradičními způsoby kresby skal je zkombinovat do vlastního přístupu.

U každé použité metody jsou uvedeny ukázky map. Důraz je kladen na obecné myšlenky spíše než na technické detaily jejich realizace. V případě, že implementace metody není úplně přímočará, je též podrobně popsán postup, jak lze uvedenou reprezentaci vytvořit. V těchto případech je součástí popisu odkaz na soubor na CD přiloženém k práci, odkud lze detaily vytvořené reprezentace vyčíst.

Při popisu jednotlivých metod také hraje jistou roli účel mapy a měřítko. Tento přehled je zaměřen zejména (ale ne výhradně) na topografické mapy velkých a středních měřítek, přičemž jsou u jednotlivých metod zmíněny problémy související s případnou změnou měřítka vytvořené reprezentace.

4.1 *Kritéria hodnocení*

V této podkapitole budou stručně popsána kritéria hodnocení reprezentace skal vytvořených prostředky digitální kartografie použita pro účely práce. Nebudeme se soustředit na obecné vlastnosti kartografické sémiologie, ale pokusíme se spíše o praktický pohled z hlediska autora i čtenáře mapy s přihlédnutím k dostupným datům a softwarovým nástrojům. Ideální reprezentace skalních útvarů v mapě by měla splňovat tato hlavní kritéria:

- názornost z hlediska globálního zachycení terénu
- poskytnout uživateli lokální orientaci ve skalním terénu
- být jednotná pro celou mapu, případně mapový soubor
- být snadno, nejlépe automaticky generovatelná z dostupných dat běžně používanými softwarovými nástroji
- být estetická a uživatelsky vstřícná.

Názornost z hlediska globálního zachycení skalního terénu

Uživatel by měl jediným pohledem na mapu získat všeobecný přehled o podobě skalního terénu, tj. z mapy by měly být na první pohled vynikat makrotvary reliéfu. Výsledná reprezentace by měla působit plastickým dojmem. Ve velehorském terénu to znamená, že by měly být patrné jednotlivé horské hřebeny, u pískovcových skalních měst charakter plošin a roklí. Týká se zejména map menších měřítek, u map velkého měřítka je podstatnější lokální orientace v terénu (viz dále).

Možnost lokální orientace ve skalním terénu

Z kapitoly 2 víme, že toto kritérium je do jisté míry ve sporu s kritériem předchozím (švýcarská metoda vs. Brandstätterův přístup). Velkou roli zde hraje měřítko mapy. Při velkém měřítku by použitá metoda měla čtenáři mapy umožnit zjistit průchodnost skalního terénu, schůdnost jednotlivých skal, jejich podrobné rozčlenění či jejich relativní výšky. Orientace ve skalním terénu je obvykle velmi náročná, podrobná mapa by měla být schopna uživatele tímto terénem provést. Při malém měřítku mapy jsou detaily skalního terénu potřebné pro lokální orientaci nezachytitelné; zde proto nabývá na důležitosti názornost z hlediska globálního zachycení, zmíněné v předchozím odstavci. Vzhledem k tomu, že práce se soustředí na mapy velkého a středního měřítka, bude pro nás lokální orientace kritériem sěžejním.

Jednotnost reprezentace

Znázornění skalních útvarů by mělo být jednotné na celé mapě, případně v celém mapovém souboru. Znamená to, že by se neměl projevovat talent topografa či kartografa vytvářejícího mapu. Měla by být stanovena jednotná pravidla pro zachycení různých typů skalního terénu a tato pravidla by měla být důsledně dodržována. Tento požadavek ovšem neznamená, že by se skály měly znázorňovat šablonovitě. Zdařilá reprezentace dokáže odlišit různé typy skalního terénu, a přesto může působit jednotným dojmem, tj. používat tytéž výrazové prostředky, ale pro každý typ terénu v poněkud jiné podobě.

Možnost automatizované tvorby reprezentace

Zatímco se všechny předchozí požadavky týkaly reprezentace skalních útvarů na mapách vytvořených jakýmkoliv způsobem, toto kritérium je specifické pro digitální kartografii. V ideálním případě by kartografická reprezentace skalních útvarů na mapách měla být vytvořena z dostupných dat automaticky, tj. mělo by být minimalizováno množství nutné práce kartografa.

Skutečnost je ovšem taková, že kvalita výsledné reprezentace je na množství práce závislá. Jedním z cílů této práce je pokusit se o nalezení kompromisu: dostatečná kvalita vzhledem ke kritériím při minimálním množství potřebné práce. Rovněž je potřeba rozlišovat typ práce kartografa. Vektorizace linií je úkol, který zvládne i nepříliš kvalifikovaná síla, kdežto např. kresba skalních šraf švýcarskou metodou vyžaduje značné zkušenosti. Naším cílem je nalézt způsob tvorby reprezentace skal, který by příliš kvalifikovanou pracovní sílu nevyžadoval. K tomuto kritériu lze zařadit také možnost automatizování generalizace vytvořené reprezentace při změně měřítka mapy.

Důležité je ovšem nezapomínat na skutečnost, že musíme vycházet z dostupných geografických dat. Jak bylo zmíněno v kapitole 3.1, nejpodrobnější data dostupná pro celou ČR jsou data ZABAGED. U každé z metod tedy zmíníme i jako doplňkové kritérium to, zda a jak moc přímočaře je aplikovatelná na tato data.

Estetika a uživatelská vstřícnost

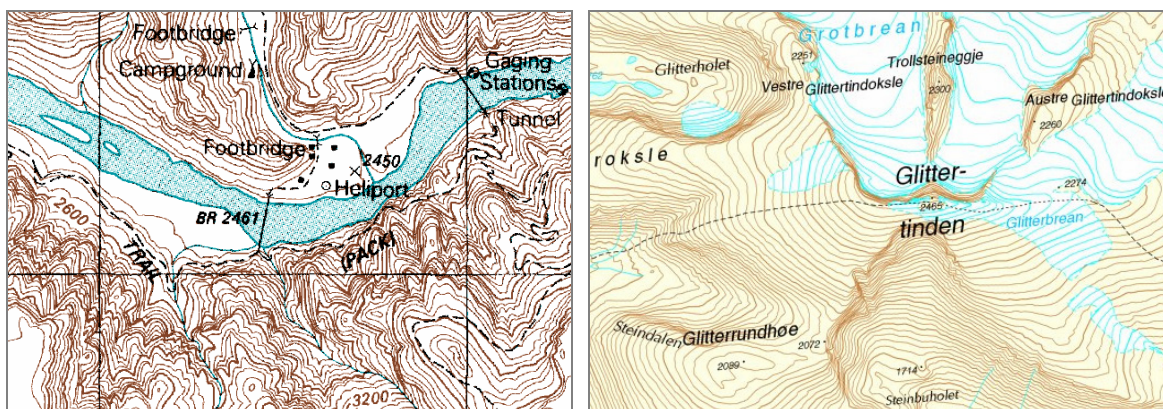
Již v úvodu práce bylo zmíněno, že kresba skal tradičními metodami je oblast pohybující se na hranicích kartografie a umění. Tato práce nemá ambice vytvářet s použitím prostředků digitální kartografie umělecká díla, nicméně estetické působení výsledné reprezentace skalního terénu a zejména jeho souhru s ostatními mapovými prvky je třeba při hodnocení vzít v úvahu (viz např. Imhof, 2007, s. 332–345).

Vytvořená podoba kartografické reprezentace by měla být uživatelsky vstřícná do té míry, že se i běžný uživatel podle mapy zvládne ve skalním terénu orientovat. Jinými slovy tento požadavek vystihuje ve své práci Čapek (1973, s. 82): „Co pomůže, že mapa (...) je pozoruhodně přesná, takže se stává takřka pochoutkou pro odborníka, když nakonec měřický výsledek není tak potřebný jako dobré plastické znázornění?“.

4.2 Pouze vrstevnice

Tato metoda používá pro zachycení skalního terénu stejné výrazové prostředky jako pro kterýkoliv jiný typ terénu, tedy pouze vrstevnice. Diskusi o zachycení skalního terénu pouze pomocí vrstevnic byla věnována samostatná kapitola 2.1.1, zde se soustředíme pouze na pohled digitální kartografie. Hlavní předností tohoto přístupu je, že není potřeba reprezentaci skal řešit speciálně. Na některých mapách je skalní terén odlišen barvou vrstevnic: ve skalách jsou černé, na ledovcích modře a v ostatním terénu hnědě. Při vhodném základním intervalu vrstevnic a v případě, že nedochází k jejich slévání či vynechávání, může výsledný obraz působit vcelku plasticky, zvlášť v kombinaci s tradičním stínováním. Ani s generalizací není žádný problém. Na druhou stranu pak i velmi příkré srázy mohou působit dojmem schůdných svahů. Tuto reprezentaci je rovněž možné vytvářet automaticky, buď z dostatečně podrobného digitálního modelu reliéfu či použitím existujících vrstevnic vyhodnocených například pomocí letecké fotogrammetrie. Hlavním nedostatkem tohoto přístupu je ale nenázornost z hlediska lokální orientace v terénu, protože čistě geometrické vrstevnice nemusí zachytit terén věrně (blíže viz opět kapitolu 2.1.1).

Uvedený postup se používá například na topografickém mapách USA v měřítku 1 : 24 000 (viz obr. 34). Pro účely ČR je tento postup se stávajícími daty pro mapu velkého měřítka použitelný jen omezeně. Příčiny tohoto problému si ozřejmíme v následující podkapitole.



Obr. 34. Skalní terén pomocí vrstevnic.

Vlevo výřez z americké topografické mapy v měřítku 1 : 24 000 z oblasti Grand Canyonu, zmenšeno. Základní interval vrstevnic 40 stop (= 12,2 m). Všimněte si slévání vrstevnic a nevýstižné kresby skalních věží.

Vpravo ukázka zachycení velehorského terénu v oblasti druhé nejvyšší hory Norska Glittertindenu.

Mapa vlevo: USGS. Zdroj: ARIA, 2008.

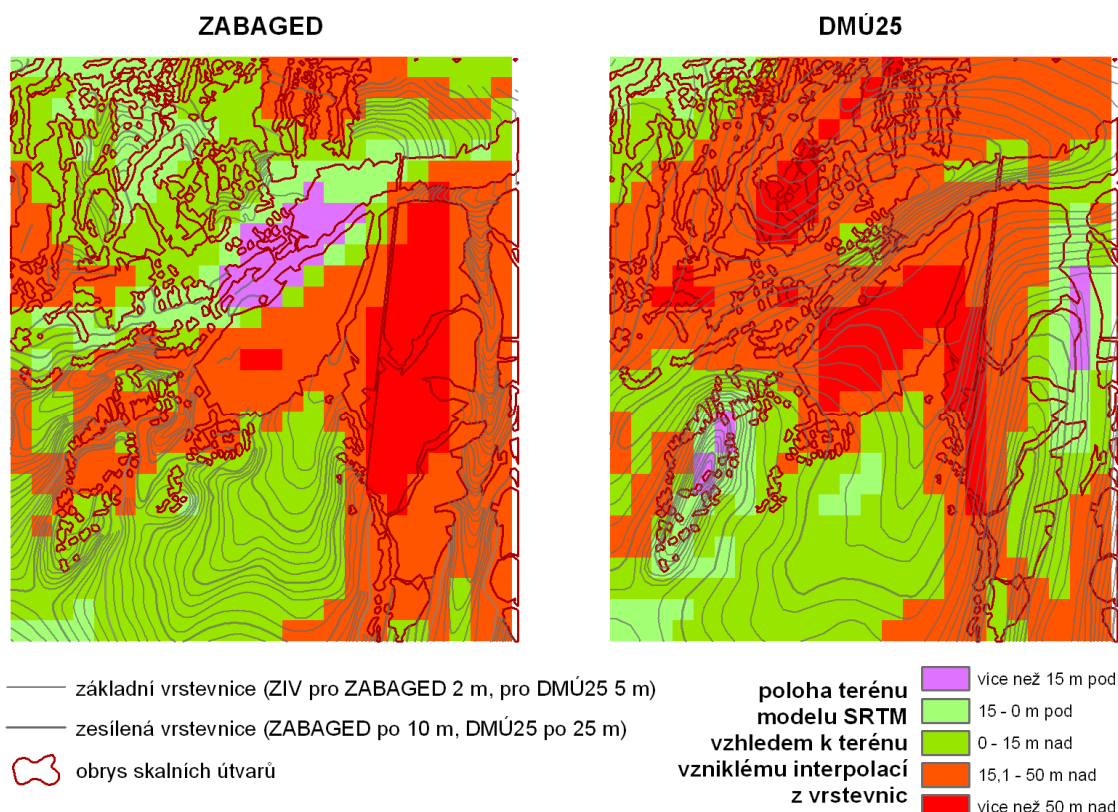
Mapa vpravo: Statens Kartverk. Zdroj: Norgesglasset, 2008.

Problémy ZABAGED a DMÚ 25 při zachycení skal vrstevnicemi

V souvislosti s uvedeným postupem se naskytá otázka, zda by nebylo tento jednoduchý postup aplikovat i v podmínkách ČR. Z kapitoly 3.1.1 víme, že v datech ZABAGED ve skalách vrstevnice chybí. Přirozený postup, který se nabízí, je interpolovat alespoň přibližný průběh vrstevnic ve skalním terénu z okolních vrstevnic, z výškových bodů či dalších dat například pomocí nástrojů GIS. Tím i bylo možné problém znázorňování skal do jisté míry obejít, byť za cenu nevýhod podrobněji popsanych v kapitole 2.1.2.

Při praktické realizaci tohoto postupu ovšem narazíme na obtíže. Týká se to zejména skalních útvarů většího rozsahu, kde se dostaneme mimo meze přesnosti výškopisu, které by měla data ZABAGED mít. Pro účely ověření použitelnosti tohoto postupu bylo proveden jednoduchý experiment. Pro zájmovou oblast ležící v jihozápadní části Teplického skalního města byly vytvořeny v ArcGIS pomocí funkce *Topo to Raster* dva digitální modely terénu: jeden z vrstevnic ZABAGED a druhý z vrstevnic DMÚ 25. Tyto modely byly následně porovnány s modelem SRTM, upravenými pro účely práce způsobem popsáním v kapitole 3.1.4 odečtením rastrů použitím funkce *Minus*. Výsledky zachycuje obr. 35. Zelenou barvou je zachycena oblast, kde je shoda podmíněně vyhovující (modely se od sebe liší o méně než 15 m), odstíny červené a fialovou barvou oblast, kde se modely neshodují. Je patrné, že oblast dobré shody se až na výjimky nachází mimo skalní terén. Model spočítaný z vrstevnic ZABAGED se od dat SRTM liší průměrně o 16,7 m a maximálně až o 72,7 m (!), model z vrstevnic DMÚ 25 průměrně o 22,7 m a maximálně dokonce o 73,3 m. Chybu by velmi pravděpodobně bylo možné sofistikovanějším způsobem interpolace a obohacením vstupních dat o kótované body ZABAGED o něco snížit, ale do mezí požadované přesnosti se dostat nelze. V případě ZABAGED data chybí a v případě DMÚ jsou vrstevnice i s ohledem na generalizaci chybné. Lokalita je autorovi práce známa z autopsie a musí konstatovat, že i velmi hrubá data SRTM vystihují realitu podstatně lépe než model vzniklý interpolací ZABAGED či DMÚ. Nejedná se tedy rozhodně o hrubou chybu dat SRTM, což by se k podobnému průběhu rozdílů terénních modelů mohlo jevit jako pravděpodobné vysvětlení.

Na druhou stranu je nutné konstatovat, že uvedená lokalita byla zvolena jako do jisté míry extrémní případ. U plošně nepříliš rozsáhlých a hlavně uvnitř nepříliš členitých skalních útvarů, které jsou ze všech stran obklopeny vrstevnicemi, by byl výsledek interpolace rozhodně lepší. Smyslem této kapitoly bylo ale poukázat, že tento postup pro současně dostupná data rozhodně nelze plošně aplikovat na celém území ČR.



Obr. 35. Rozdíly terénních modelů dat ZABAGED a DMÚ 25 ve skalách. Jihovýchodní část Teplického skalního města. Postup výpočtu modelů terénu je popsán v textu.

4.3 Polygony zachycující půdorys

Při použití této metody jsou skalní útvary reprezentovány polygony, které vymezují obrys skalního terénu či v lepším případě dokonce zachycují půdorys jednotlivých skal. Klíčovou roli z hlediska vlastností výsledné reprezentaci hraje míra podrobnosti použitých dat. Dvě ukázky různě zdařilé reprezentace skalního terénu pomocí polygonů zachycujících půdorys jsou na obr. 36.



Obr. 36. Ukázky reprezentace skal pomocí polygonů zachycujících půdorys.

Vlevo: Vizualizace dat ZABAGED od firmy T-Mapy. NPR Jezerka, Krušné hory.

Vpravo: oblast Bludístě v Teplických skalách, v originále 1 : 16 500, zvětšeno.

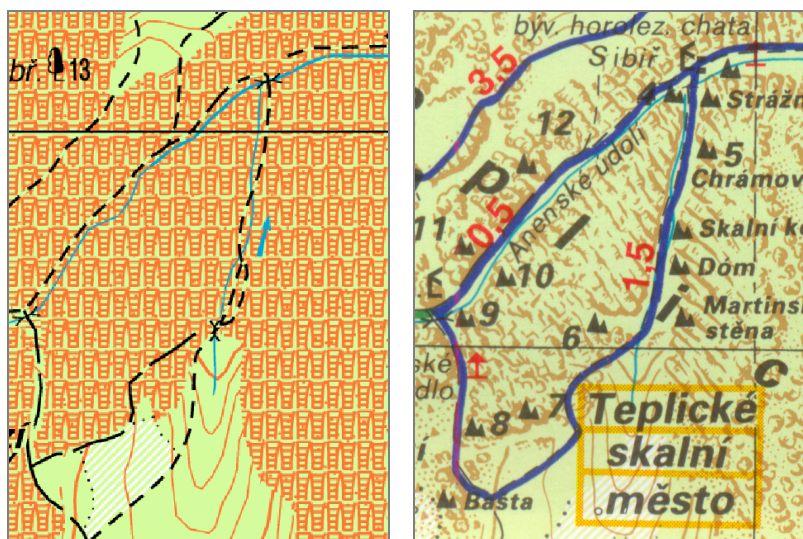
Mapa vlevo: T-Mapy s využitím dat ZABAGED. Zdroj: Mapy města Mostu, 2008.

Mapa vpravo: Geodézie ČS. Zdroj: Geodézie ČS, 2007.

V kartografickém softwaru jsou skály reprezentovány jako polygony s výplní. Polygon může být vyplněn jednou barvou; obvykle se používá hnědá, červenohnědá či šedá. Další možností je, že

výplň je tvořena texturou (v podobě nepravidelných čar či opakujících se struktur, případně rastrem), obvykle hnědé či černé barvy. Polygon může být zcela či zčásti ohraničen čarou odpovídající barvě vnitřní kresby či vrstevnic.

Tato metoda je velmi jednoduchá a velmi rozšířená. Nejběžnější geografická data dostupná pro ČR (ZABAGED a DMÚ 25) reprezentují totiž plošně rozsáhlejší skalní útvary právě pomocí polygonů. Není tedy nic jednoduššího než polygon vyplnit. Potíž je v tom, že dostupná data nezachycují ve svém měřítku skalní útvary dostatečně podrobně, tudíž výsledná reprezentace o skalním terénu kromě jeho existence nevypovídá vůbec nic (obr. 37). Ačkoliv se použití této metody pro dostupná geografická data přímo nabízí, je bez dalších úprav dat či výrazného zmenšení měřítka mapy naprosto nevhodné. Jako jediné klady uvedené metody lze snad hodnotit jen to, že na skalní útvary pomocí výplně plochy výrazně upozorňuje, což obvykle dobře odpovídá významu skal v terénu a nezávislost reprezentace na měřítku mapy.



Obr. 37. Porovnání polygonů a klasické topografické mapy.

Vlevo: RETM – mapa odvozená z dat DMÚ 25, polygon vyplněný opakujícím se rastrem, zvětšeno.

Vpravo: Původní vojenská topografická mapa (v originále 1:25 000, zvětšeno) s doplněným turistickým obsahem zachycuje rozčlenění skal podstatně lépe.

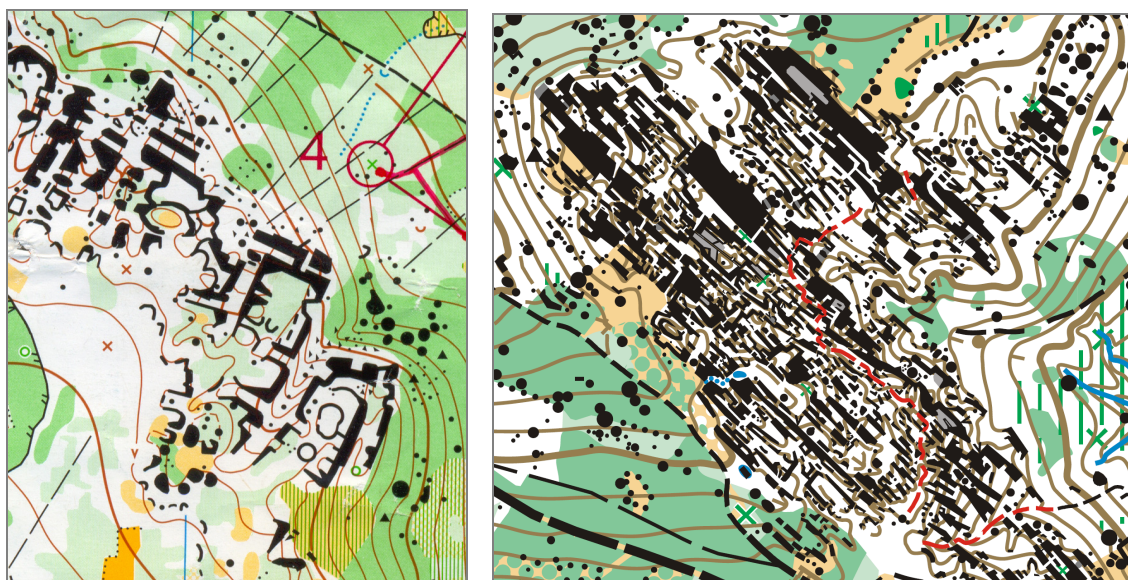
Mapa vlevo: VGHMÚ. Zdroj: Digitální atlas ČR, 2008.

Mapa vpravo: ROSY, podklad VKÚ Harmanec. Zdroj: ROSY, 2006.

4.3.1 Varianta s podrobnými polygony

Vhodná úprava dat v tomto případě spočívá v jejich zpřesnění. Jinými slovy, při vhodné a dostatečně detailní strukturovanosti polygonů, může být reprezentace skal touto metodou relativně uspokojivá. Znamená to mimo jiné, že jednotlivé skály by neměly být plošně příliš rozsáhlé a musí být rozčleněny na samostatné celky oddělené neskálním terénem. Z tohoto důvodu je uvedená metoda bez úprav nevhodná pro rozsáhlé souvislé skalní oblasti (např. velehorský terén). Použitelná je pro znázornění osamělých skalních výchozů a pískovcových skalních měst. Polygony pak zachycují jednotlivé skalní věže, které lze následně v terénu spolehlivě identifikovat. V pískovcových skalních městech ovšem vedle věží bývají i okrajové skály a masivy, s jejichž reprezentací pomocí půdorysu je poněkud problém. Lze je zachytit buď jen půdorysem stěny, kdy polygon téměř přechází v silnou linii (na obr. 39 vlevo dole) nebo je nutné vyplnit celou plochu masivu včetně převážně vodorovné vrcholové plošiny (na obr. 39 vpravo dole u věže označené číslem 2), čímž se zase ztrácí podrobná informace o rozčlenění skalního útvaru (nelze rozlišit plošinu od stěny). I přes tyto problémy lze výslednou reprezentaci hodnotit jako relativně zdařilou a přispívající k dobré představě o rozčlenění a průchodnosti terénu.

Tento způsob znázornění se pro skalní útvary používá na mapách pro orientační běh (dále jen OB). Skalní útvary jsou zde zachyceny v půdorysu pomocí polygonů (a případně linií) černé barvy, doplněné barvou šedou. Černá reprezentuje neschůdný skalní sráz či stěnu, šedá schůdný terén se skalnatým povrchem (slouží tedy k rozlišení stěn od plošin). Mapování probíhá v měřítku 1 : 7 500 a výsledná mapa má měřítko 1 : 15 000 či 1 : 10 000 (ISOM 2002, s. 5). Vzhledem k velkému měřítku zachycují tyto mapy terén a tedy i jednotlivé skalní útvary obvykle velmi podrobně (viz obr. 38) a lze si podle nich udělat velmi dobrou představu o rozčlenění terénu a jeho průchodnosti, tj. výborně splňují požadavky pro lokální orientaci v terénu. Na druhou stranu těmito mapám chybí plastičnost a možnost snadno vnímat makrotvary reliéfu. Z hlediska OB vyžadujícího striktně lokální orientaci v terénu tento nedostatek není žádná nevýhoda. Metodě lze vytknout i to, že černá barva snižuje čitelnost ostatního obsahu a prakticky znemožňuje umístění dalších prvků obsahu (viz obr. 38 vpravo, kde je ve skalách pěšina namalována červeně, ačkoliv by měla být černě). Tvorba těchto map je z dostupných dat nemožná, vyžaduje časově náročné mapovací práce přímo v terénu.

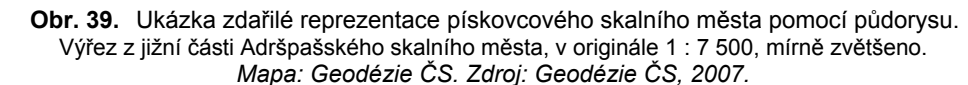


Obr. 38. Ukázka reprezentace skal na mapách pro orientační běh. Vlevo výřez z mapy Volské kameny (Ostrov u Tisé v oblasti Labských pískovců), vpravo výřez z mapy Ostaš (oblast Kočičích skal u Police nad Metují), obojí zvětšeno.

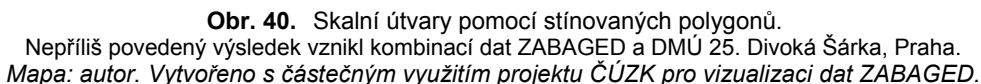
Mapa vlevo: Severotuk Ústí n. L. Zdroj: archiv M. Kynčlové.

Mapa vpravo: T. Leštínský, KOB Dobruška. Zdroj: archiv T. Leštínského.

Jiné mapy s dostatečně detailním rozčleněním skal reprezentovaným půdorysnými polygony mimo map pro OB u nás patří spíše k výjimkám a pocházejí z dílny společnosti Geodézie ČS. Například oblast Adršpašsko-teplických skal zachycuje mapa (Geodézie ČS, 2007), oblast Prachovských skal mapa (Geodézie ČS, 1999). I když v tomto případě nejspíše nedošlo při jejich tvorbě na původní mapovací práce přímo v terénu, redakční práce při jejich vytvoření z dostupných dat musely být i tak časově poměrně náročné. Vzhledem k jejich velkému měřítku vycházejí zřejmě hlavně z horolezeckých náčrtů a trpí jejich nedostatky popsány v kapitole 3.1.7.



Jiný způsob zlepšení reprezentace pomocí polygonů zachycujících půdorys spočívá v přidání stínování. Tento postup je možné použít v případě, že pro skalní oblasti máme dostatečně podrobný digitální model terénu. Polygon vymezující půdorys skalního útvaru pak nebude vyplněn jednou barvou, ale jejími odstíny na principu severozápadního osvětlení. Je vhodné, když je stínovaný celý terén a nejen samotné skalní útvary (Čapek, 1973, s. 30).

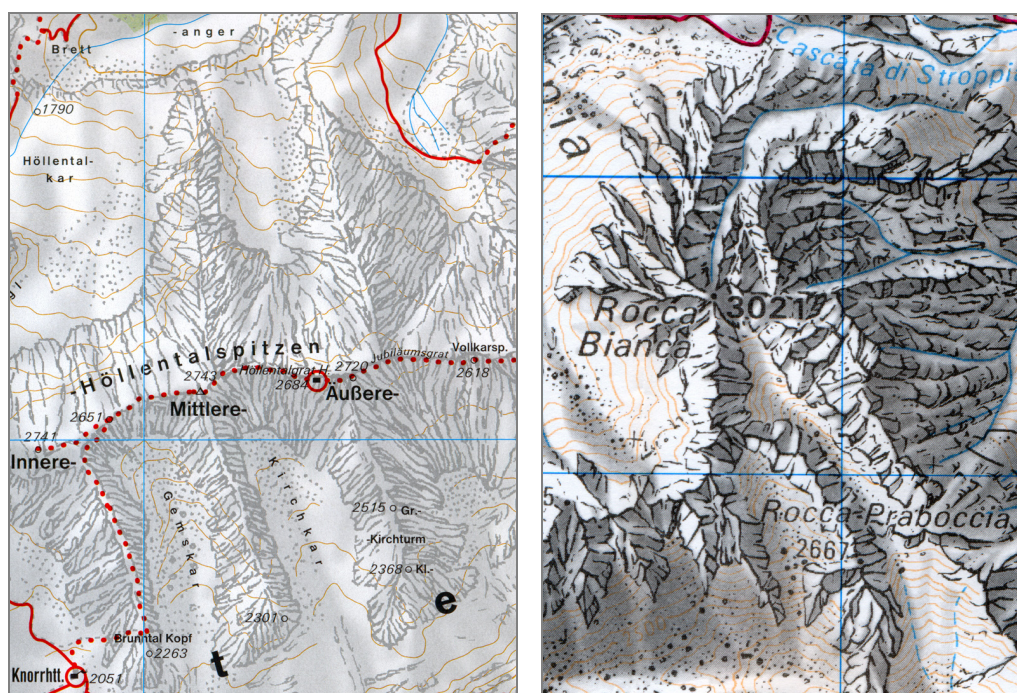


ZABAGED je tato metoda nevhodná. Ztroskotává na tom, že uvnitř polygonů vymezujících půdorys skal není k dispozici dostatečně podrobný digitální model terénu.

4.4 Polygony či linie zachycující hrany a stěny

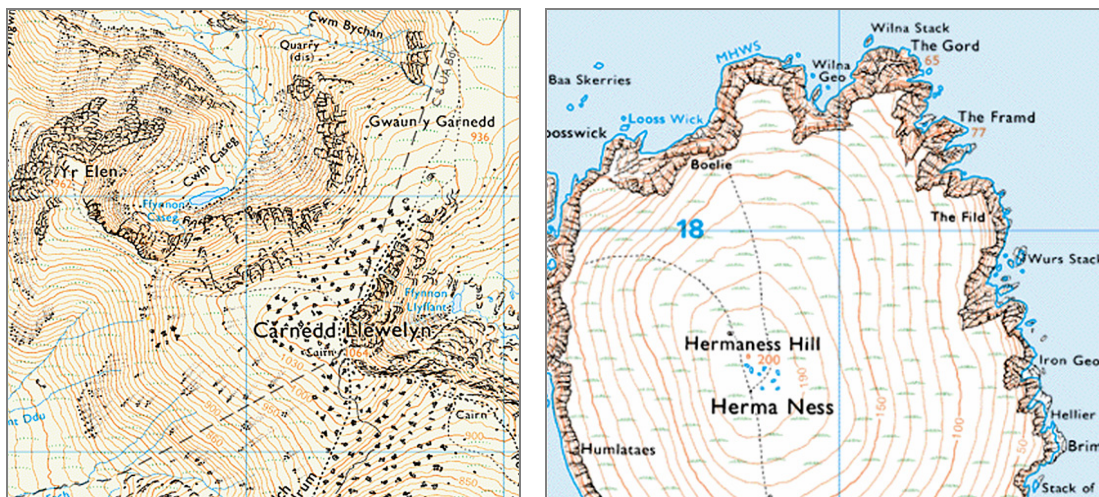
Tato metoda reprezentuje skalní útvary pomocí linií či polygonů, které reprezentují výrazné terénní hrany či kolmé stěny a příkré srázy. Metoda je v různých modifikacích použitelná téměř pro všechny typy skalního reliéfu a měřítko.

Ve velehorském skalním terénu jsou tímto způsobem liniemi znázorňovány orografické linie, zejména hřbetnice a údolnice. Jejich průběh je obvykle generalizován a spíše než na exaktní vystižení rozčlenění skalního reliéfu je kladen důraz na to, aby mapa jako celek působila plasticky. To lze docílit jednak změnou tloušťky linie podle principu severozápadního osvětlení, tj. na přivrácené straně je linie tenčí, na odvrácené tlustší, jednak pomocí klasického stínování (viz obr. 41). Prakticky lze kresbu linií realizovat použitím několika liniových symbolů s různou šířkou čáry. Tloušťku čar je potřeba zvolit tak, aby v místech změny symbolu nebylo vizuálně patrné napojení čar. Jiná možnost je vyjádřit obrys linie pomocí polygonu, čímž je umožněno měnit šířku čáry spojitě. Metoda odpovídá kresbě skal pomocí *ridge-line* reprezentace, popsané v kapitole 4.10.2. I přes možnou automatizaci je tento způsob velmi pracný a pro použitelný výsledek vyžaduje dostatek zkušeností. Relativně pracná je i generalizace kresby při změně měřítka mapy.



Obr. 41. Velehorský terén znázorněný pomocí linií zachycujících hrany.
Vlevo Höllentalspitzen v oblasti Wettersteingebirge v Bavorsku, v originále 1 : 25 000.
Vpravo Rocca Bianca v oblasti Kottických Alp v Itálii, v originále 1 : 25 000, zvětšeno.
Mapa vlevo: Freytag-Berndt und Artaria. Zdroj: Freytag & Berndt, 2005.
Mapa vpravo: IGN. Zdroj: IGN, 2006.

Uvedený postup lze aplikovat i na další typy reliéfu a poněkud jiným způsobem. Pomocí tloušťky čáry lze vyjádřit význam orografické linie. Čím je orografická linie z hlediska rozčlenění reliéfu významnější, tím bude čára tlustší. Výsledek je dobrý z hlediska lokální orientace v terénu, ale bez stínování mapa nepůsobí příliš plasticky (obr. 42).



Obr. 42. Nižší pohoří a pobřežní útesy znázorněné pomocí linií reprezentujících hrany.

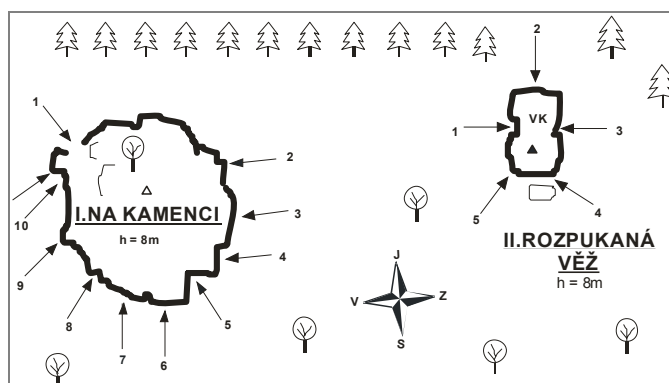
Vlevo mapa Carnedd Llewelyn v SZ Walesu, vpravo oblast Herma Ness na SZ ostrova Unst v Shetlandách.

V originále 1 : 25 000, mapa vlevo mírně zmenšena, mapa vpravo zvětšena.

Mapa: Ordnance Survey: Crown Copyright. Zdroj: Ordnance Survey, 2008.

Metoda se hodí i pro pískovcová skalní města. Přesně odpovídá konturové metodě pro znázorňování pískovcových terénů popsané v kapitole 2.2.4. Podrobné diskuse možné implementace konturové metody s využitím metod digitální kartografie se věnuje kapitola 5.3.

Uvedený postup je aplikovatelný i na mapy velkého měřítka – například pro horolezecké náčrty skal, která je velmi podobná konturové metodě. Čím je skalní stěna významnější z hlediska horolezectví, tím silnější čarou je znázorněna.



Obr. 43. Ukázka z typické mapy v horolezeckém průvodci.

Oblast Kamenec v Krušných horách na Mostecku.

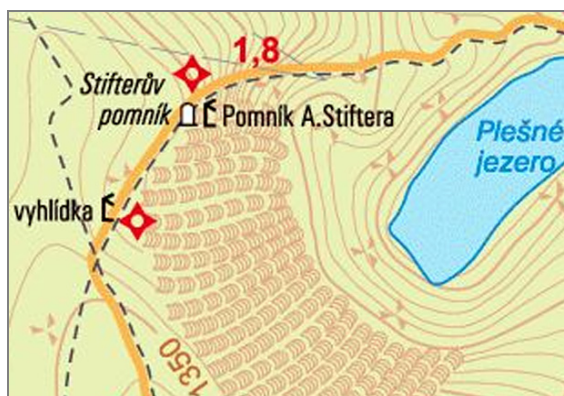
Mapa: Horoklub Chomutov. Zdroj: archiv autora.

Z kombinace metody popsané v kapitolách (konturová metoda, polygony zachycující půdorys a této) v zásadě vychází návrh vlastní metodiky pro tvorbu kartografické reprezentace skal.

4.5 Vertikální linie

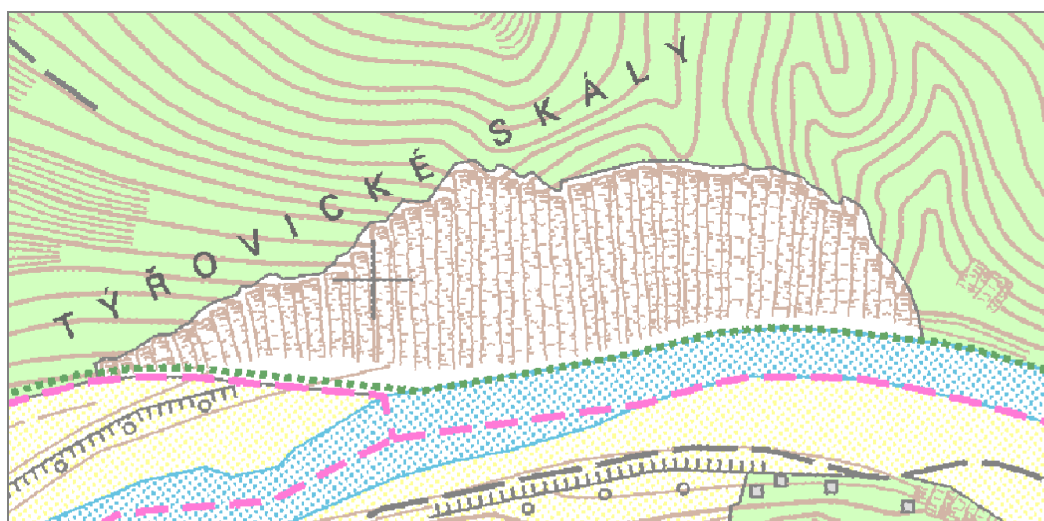
V nejjednodušší podobě je touto metodou skalní útvar reprezentován pomocí linií vedených po spádnicích. Každou linií symbolizujeme s opakovaným využitím bodového symbolu, který má představovat jednu část žebříčkové manýry. Plochu skalního útvaru vyplníme postupně těmito liniemi v závislosti na velikosti bodového symbolu tak, aby mezi jednotlivými liniemi nezůstaly horizontální mezery. Velikost a rozmístění symbolů po linii je třeba zvolit tak, aby nezůstaly ani příliš velké vertikální mezery. Ukázku výsledné reprezentace tímto způsobem zachycuje obr. 44. Kromě nevýhod žebříčkové manýry lze této metodě vytknout schematičnost a takřka nulovou informaci z hlediska rozčlenění skalního terénu.

Uvedená metoda je velmi jednoduchá a ani tvorba příslušné kartografické reprezentace není nijak obtížná. V OCAD bude mít linie nulovou tloušťku a bude tvořena opakujícím se bodovým symbolem, v ArcGIS použijeme *Marker Line Symbol*. Symbol lze do reprezentace v ArcGIS přidat jako EMF soubor, lze ho rovněž vytvořit v softwaru pro tvorbu fontů (např. Font Creator Professional) či nakreslit přímo v ArcGIS v editoru reprezentací. Symbol byl do reprezentace přidán prvním z uvedených způsobů. Výsledné reprezentace uloženy na CD v adresáři reprezentace, pro OCAD v souboru VertikalniLinie.ocd jako symbol č. 4, pro ArcGIS v souboru VertikalniLinie.style, odkud lze reprezentaci importovat.



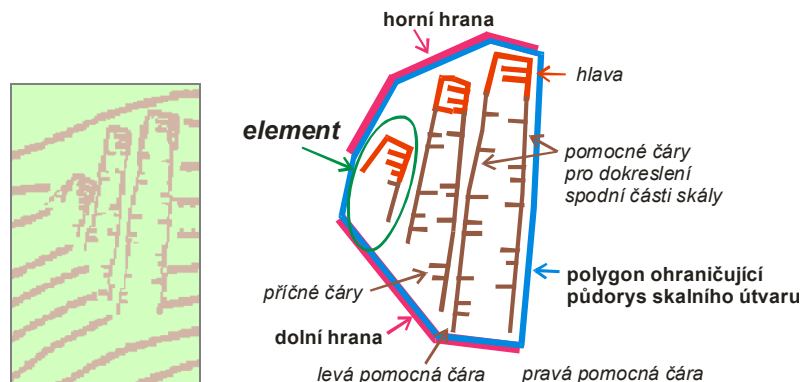
Obr. 44. Metoda vertikálních linií v jednoduché podobě.
Kar Plešného jezera, Šumava. V originále 1 : 25 000, zvětšeno.
Mapa: Geodézie On Line. Zdroj: Mapy 1188, 2008.

V poněkud sofistikovanější podobě je tato metoda je v současné době používána na Zeměměřickém úřadě (dále jen ZÚ) v odboru kartografie a polygrafie při tvorbě NZM 10 z dat ZABAGED. Samotná reprezentace skalních útvarů v datech ZABAGED, způsob jejího vzniku a vztah k původní podobě základní mapy ČR je popsán v kapitole 3.1.1. Zde se soustředíme pouze na tvorbu kartografické reprezentace skal, tedy způsob, jakým jsou vyplňovány šrafami jednotlivé polygony, pomocí v nichž jsou skalní útvary většího rozsahu v ZABAGED reprezentovány. Metodu popíšeme podrobněji, zejména z toho důvodu, že je používána pro mapu velkého měřítka v rozsahu celé ČR. I přes jisté problémy představuje po úpravách relativně dobrý kompromis mezi kvalitou výsledné reprezentace skal a množstvím nutné práce kartografa. Metodu též srovnáme s původní podobou ZM 10.



Obr. 45. Ukázka typické reprezentace skalních útvarů na NZM 10.
Oblast Týřovických skal v údolí Berounky. Výřez je orientován k východu a zvětšen.
Mapa: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

Ukázka typické reprezentace skalních útvarů na NZM 10 je na obr. 45. Obecně lze říci, že metoda se snaží napodobit žebříčkovou manýru, která byla použita pro reprezentaci skal na původní ZM 10 a která je podrobně popsána v kapitole 2.2.2. Z pohledu kartografického softwaru jde o vyplňování polygonu liniemi, případně body a liniemi. Vlastní šrafuru tvoří v obvyklém případě jednotlivé elementy, které jsou umístěny do polygonu tak, že osa elementu je orientována po spádnicí, tj. tvoří vertikální linii. Každý element se skládá ze dvou částí: jednak z hlavy skály, která je obvykle orientována směrem do svahu a jednak z pomocných čar, které umožňují dokreslit spodní část skalního útvaru (obr. 46). Obě části jsou na sebe napojeny tak, že jejich rozhraní není na první pohled vizuálně odlišitelné.



Obr. 46. Anatomie skalní šrafury na NZM 10.

Šířka elementu je na mapě zhruba 2 mm.

Mapa vlevo: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

Legenda k NZM 10 (ČÚZK, 2008b) zachycuje dvě podoby skalních šraf, lišící se právě hlavou (obr. 47). Podle informací získaných ze ZÚ (Ženková, 2007) jsou tímto způsobem od sebe odlišeny „klasické“ (tj. nepískovcové) a pískovcové skály. Hlava pro pískovcové skály je vyšší a má zaoblenější tvar, což vcelku odpovídá rozdílné morfologii skal. Zda jde o pískovcové či nepískovcové skály, to v původním zpracování mapy určovala poznámka od topografa. Nicméně ani na ZÚ se neví, zda toto rozlišení bylo prováděno důsledně. Bohužel i velmi letmý průzkum ukázal, že rozlišení důsledné opravdu není, řada pískovcových skal je na NZM 10 zachycena jako skály nepískovcové (například známé Prachovské skály). Opačnou záměnu se objevit nepodařilo. Hlavu skály vždy umístíme na lokálně nejvyšší místo a orientujeme ji otevřenou stranou směrem dolů. Tu část polygonu, kde jsou umístěny hlavy, budeme v dalším textu nazývat horní hranou.

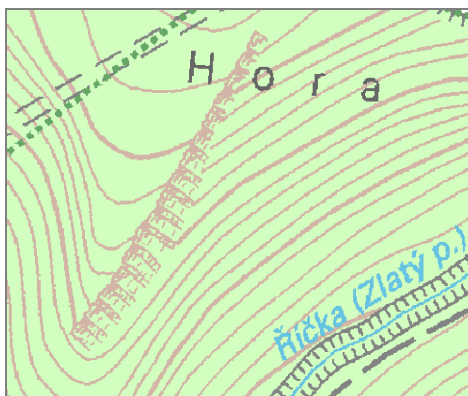


Obr. 47. Legenda pro skalní útvar pro NZM 10.

Zvětšeno. I přes nepříliš kvalitní reprodukci jsou z ukázky patrné rozdílné hlavy používané při tvorbě šraf. Vlevo varianta pro klasické skály, vpravo zaoblenější varianta pro pískovcové skály.

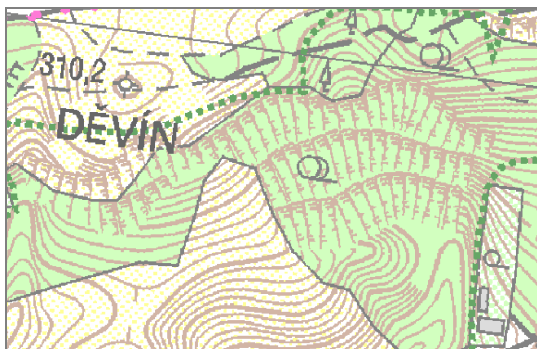
Zdroj: ČÚZK, 2008b..

Pokud není element příliš dlouhý, postačuje pouze hlava skály a pomocné čáry mohou chybět (viz obr. 48, severní část zobrazeného skalního útvaru). V obvyklejším případě jsou pomocné čáry vedeny rovnoběžně zhruba po spádnicí až k dolnímu okraji skalního útvaru, kde končí. Tuto část polygonu budeme dále nazývat dolní hrana. Pomocné čáry jsou doplněny příčnými čarami orientovanými kolmo směrem dovnitř elementu. Pomocné čáry mají proměnlivou délku a rozestupy, nicméně v případě dlouhých elementů mají sekvence pomocných čar tendenci se pravidelně opakovat.



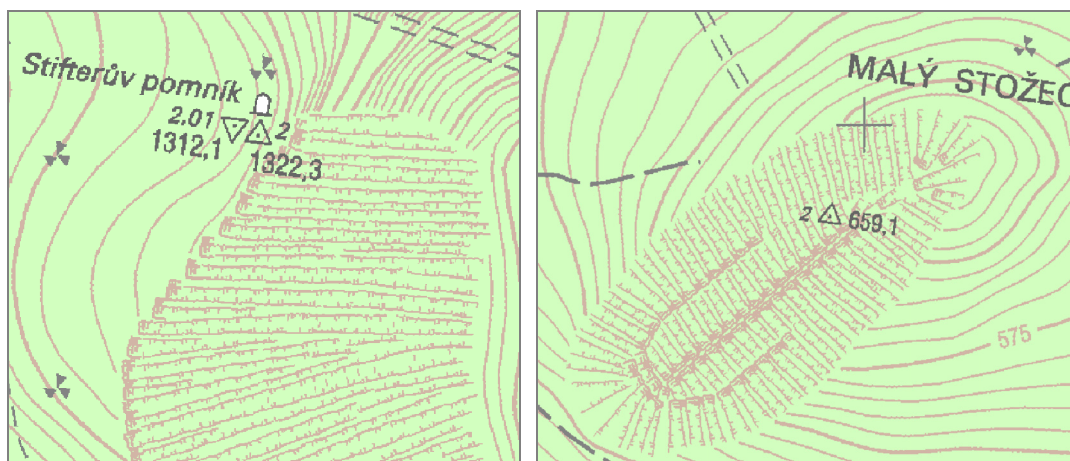
Obr. 48. Ukázka zdařilé reprezentace skalního útvaru na NZM 10.
V severní části skalního útvaru je šrafura tvořena pouze hlavami bez pomocných čar.
Oblast Moravského krasu, údolí Říčky JV od Ochozu u Brna, zvětšeno.
Mapa: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

Polygon ohraničující půdorys skály se vyplňuje jednotlivými elementy. V situaci, kdy je horní i dolní hrana přibližně stejně dlouhá, je postup mechanický a polygon lze vyplnit bez problémů. V případě, že elementy jsou relativně krátké, výsledné šrafy působí přijatelným dojmem (obr. 48), který z hlediska zprostředkování informací o skalním terénu není o nic horší než žebříčková manýra. V případě, že je rozměr po spádnicí příliš velký, je výsledkem popsaného postupu příliš umělá a schematická kresba (viz např. obr. 50 nebo obr. 55 vpravo). Tento problém lze zmírnit různými způsoby. Jedním z nich je rozdělení elementů na několik menších (obr. 49), uvedený postup je ovšem v obecném případě diskutabilní, protože do výsledné kresby může vnést dojem neexistujících terénních hran. Jakkoliv je totiž uvedený způsob reprezentace skal velmi schematický, hlava skály vyvolává celkem správný dojem přítomnosti terénní hrany. Nesprávná orientace elementu pak může dokonce vyvolat představu inverze reliéfu.



Obr. 49. Souvislost hlav a terénních hran na NZM 10.
Přítomnost hlav vzbuzuje dojem terénní hrany. Výsledek sice nepůsobí tak schematicky, ovšem v tomto případě naprosto neodpovídá realitě – terénní hrany naznačené na mapě pomocí hlav ve skutečnosti neexistují. Prokopské údolí, Praha. Zvětšeno.
Mapa: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

V okamžiku, kdy se délky horní a dolní hrany výrazněji liší a má se dodržet podmínka orientace elementů po spádnicí, nastávají rovněž potíže. Pokud je horní hrana delší (skála vytváří amfiteátr), elementy se v dolní části začnou křížit a je nutné je proto zkrátit. V tomto případě tedy pomocná čára nesměruje po spádnicí až k dolnímu okraji skalního útvaru. Pokud je naopak dolní hrana delší (skála vytváří okraj hřebene), začne mezi elementy vznikat prázdné místo, které je potřeba vyplnit. To lze zajistit rozpadem elementu a posunem pomocných čar, případně posunem celého elementu. Protože element má relativně velkou šířku, vzniká mezi šrafami dost prázdného místa. Ukázky popsaných situací jsou znázorněny na obr. 50.



Obr. 50. Problémy se šrafi na NZM 10.

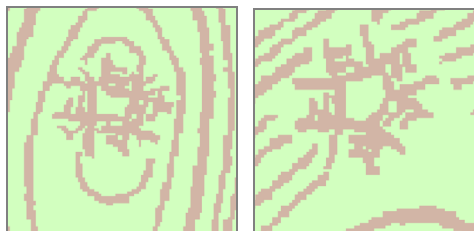
Ukázky zachycují situaci, kdy se výrazněji liší délka horní a dolní hrany vymežující skalní útvar.

Vlevo ukázka nutného zkrácení pomocných čar, kar Plešného jezera, Šumava. Zvětšeno.

Vpravo dvě ukázky způsobu, jak na okraj hřebene: vlevo dole rozpad elementu, vpravo nahore elementy zachovány, ale za cenu mezer. Malý Stožec v Lužických horách. Zvětšeno.

Mapy: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

Speciálním případem této situace je skalnatá kupa, kdy horní hranu představuje jediný bod. V případě, že je takový skalní útvar plošně nepříliš rozsáhlý, vzniká problém s tím, jak jeho šrafy do půdorysu skály vůbec vměstnat. Výsledné zobrazení pomocí hlav orientovaných od vrcholu skalního útvaru pak připomíná květinu (obr. 51), v jejímž středu zůstává prázdná plocha. To vzbuzuje dojem skalního útvaru s plochým vrcholem, což obvykle neodpovídá realitě. Pravděpodobně lepším řešením by bylo poskládání skalních šraf pouze z pomocných a příčných čar bez využití hlav.



Obr. 51. Malé skalní kupy na NZM 10.

Květinka vytvořená z hlav s prázdným místem uprostřed. Velmi zvětšeno.

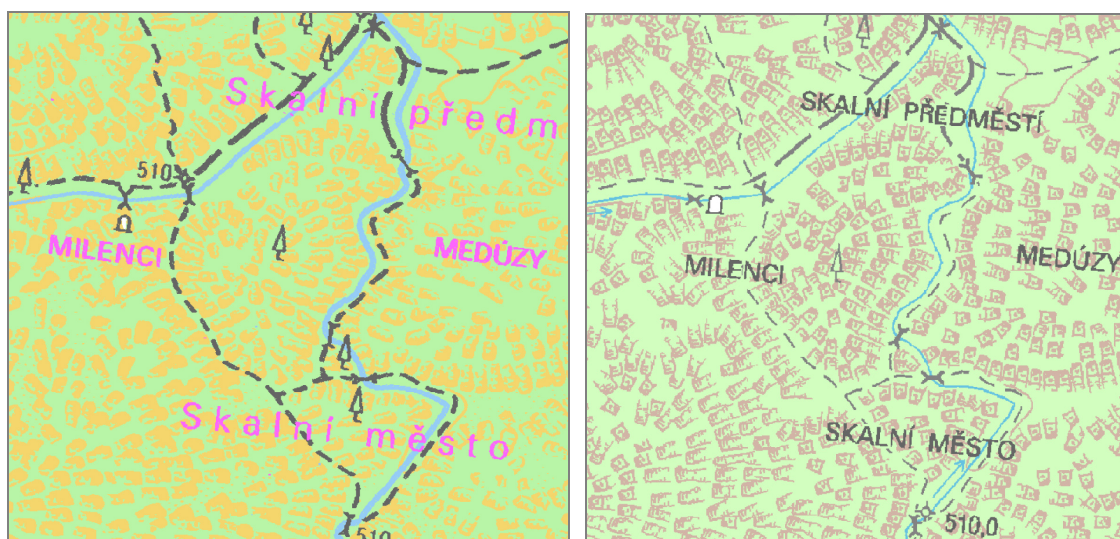
Mapy: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

Orientace elementů do polygonu ohraničujícího půdorys skály byla na ZÚ při tvorbě NZM 10 prováděna ručně, přičemž operátor vycházel z rastru původní ZM 10 (Ženková, 2007). Tuto operaci by bylo při vhodnější struktuře dat a s využitím dostatečně podrobného digitálního modelu terénu možné do jisté míry automatizovat (viz kapitolu 5.5.3). Popsaný způsob funguje poměrně dobře, pokud polygon ohraničuje relativně malou plochu, která nemá příliš velký rozměr po spádnicí a nemá žádné vnitřní členění (tj. skála nevytváří například hřeben). V situaci, kdy je skalní útvar složitěji členěn, je automatická tvorba šrafury bez dalších informací nemožná, protože v ZABAGED nejsou žádné informace o terénních hranách, které by umožnily umístit hlavy a správně orientovat elementy. Polygon by bylo nutné nejprve rozčlenit na jednotlivé dílčí plochy a ty se pak pokoušet šrafovat.

Pravidelné rozmisťování elementů, pravidelná orientace příčných čar a konstantní tloušťka všech čar, z nichž jsou šrafy tvořeny, jsou hlavní příčinou skutečnosti, že výsledek je při velké, nijak nečleněné ploše skalního útvaru ještě schematictější než již tak dost schematická žebříčková manýra a na rozdíl od stínované manýry nepůsobí ani trochu plasticky (viz např. obr. 55). Toho si

zřejmě byli vědomi i autoři šraf na NZM 10, protože u plošně rozsáhlejších skalních útvarů se objevuje snaha zmiňovanou šablonovitost odstranit a vnést do kresby jistou nepravidelnost, kterou manýře dávala ruka kartografa. Toho lze docílit tak, že pomocné čáry vedeme v rámci možností nepravidelně, např. tak, že dvě sousedící hlavy jednu pomocnou čáru sdílí, případně nejsou vedeny striktně rovnoběžně. Pokud hlavy tvoří linii, tj. nejsou navzájem příliš posunuty ve směru spádu, jsou spojovány a příčné čáry v tomto případě jsou orientovány i ven z elementu, čímž dotváří kresbu mezi jinak nezávislými elementy. Popsané jevy jsou patrné např. na obr. 45 či na obr. 50 vlevo. Ve výjimečných případech (např. na styku mapových listů) je šrafura kromě hlav a elementů tvořena i samostatnými čarami, které mají tentýž styl jako čára sloužící k dokreslení dolní části skalního útvaru.

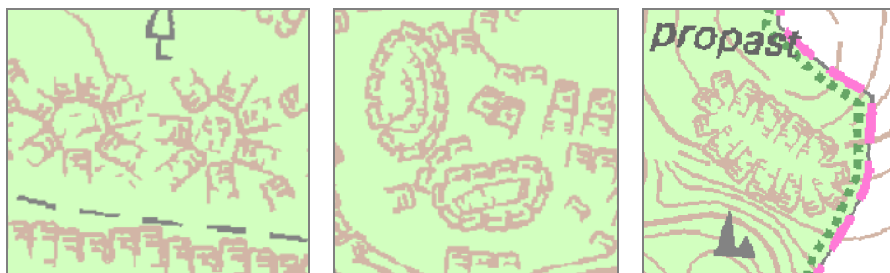
Terénem, pro který je metoda vertikálních linií (stejně jako žebříčková manýra) naprosto nevhodná, jsou pískovcová skalní města. Vzhledem k charakteru reliéfu pískovců není na kresbu skal v podstatě žádné místo. Popisovaná metoda ovšem místo potřebuje, a to minimálně na výšku hlavy. Terén rozčleněný na jednotlivé skalní věže je na mapě podán v podstatě náhodně orientovanými hlavami pro pískovcové skály. To lze vzhledem k charakteru terénu a měřítku mapy očekávat, ani na původní ZM 10 nebyly vystiženy detaily skalních věží (obr. 52). Šrafy se zde nesnaží zachytit jednotlivé věže, nýbrž pouze informovat čtenáře mapy o tom, že jsou zde skály, případně naznačit jejich rozčlenění.



Obr. 52. Oblast se skalními věžemi na ZM 10 a NZM 10.
Adršpašské skalní město, zvětšeno.

Mapy: ČÚŽK. Zdroj: Geofond, 2008 (mapa vlevo) a Portál veřejné správy ČR, 2008 (mapa vpravo).

V některých případech ovšem původní ZM 10 nesla poměrně zdařilou informaci o skalním terénu, z níž bylo patrné rozčlenění na jednotlivé masivy a jejich oddělení roklemi (obr. 54 vlevo). Z nového způsobu znázorňování (obr. 54 vpravo) není bohužel díky nedůsledné orientaci hlav ani patrné, zda se jedná o rokli či skalní vyvýšeninu a výsledná představa čtenáře o terénu podle mapy může být značně zkreslená. Obecně jinak poměrně jednotný způsob kresby skal podle výše popsaných pravidel není v pískovcových oblastech dodržován. Rozsáhlejší skalní masivy, které je možné v měřítku mapy zachytit, jsou znázorňovány jednak stejně jako vyvýšené skalní kupy v podobě květin (obr. 53 vlevo), jednak v podobě jakýchsi věnečků (obr. 53 uprostřed).



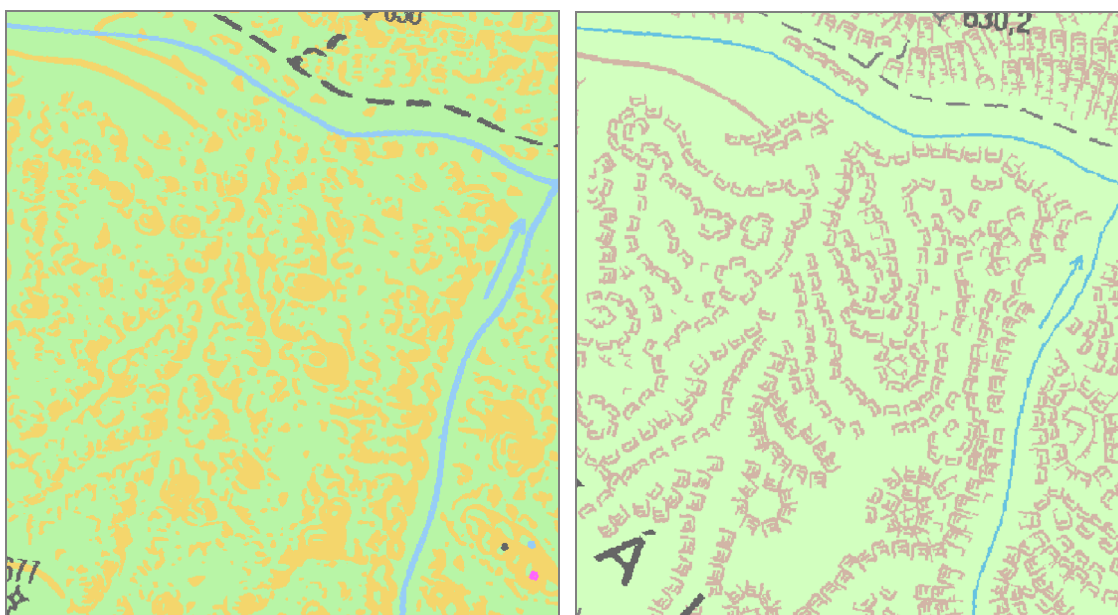
Obr. 53. Nejednotný způsob kresby pískovcového terénu na NZM 10.

Vlevo květinkový způsob, uprostřed věnečkový způsob kresby skalních masivů z oblasti Teplických skal, vpravo pro srovnání Hranická propast zachycená pomocí věnečků. Ukázky mapy velmi zvětšeny. Vysvětlení v textu.

Mapa: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

Výhodou květinového způsobu je skutečnost, že zachovává orientaci hlav směrem ze svahu dolů, seskládání hlav ovšem neumožní dobře vystihnout tvar věže a rovněž délka samotné hlavy neodpovídá představě kolmé stěny. Věnečkový způsob dokáže lépe vystihnout tvar věže, její kolmé stěny jsou pak zachyceny horním okrajem hlavy. Je tedy porušeno pravidlo o tom, že horní část hlavy skály tvoří lokálně nejvyšší místo. Stejným způsobem (tj. věnečkem) by se podle pravidel pro reprezentaci pomocí vertikálních linií měl znázornit vhloubený terénní útvar se skalnatými stěnami (a taky se tak znázorňuje, viz obr. 53 vpravo).

Ideální řešení pro znázornění pískovcových skalních měst pomocí vertikálních linií neexistuje. Způsob, jak problémy se znázorňováním pískovcových skal zmírnit či dokonce zcela odstranit, představuje konturová metoda.



Obr. 54. Teplické skály – oblast Bludiště na ZM 10 a NZM 10.

Podle původní podoby mapy si lze udělat dobrou představu o rozčlenění terénu, podle nové podoby nikoliv. Zvětšeno.

Mapy: ČÚZK. Zdroj: Geofond, 2008 (mapa vlevo) a Portál veřejné správy ČR, 2008 (mapa vpravo).

Metoda vertikálních linií v podobě, jaké ji používá ZÚ, představuje poměrně rozumný kompromis mezi množstvím ruční práce a přiblížení se klasickým metodám. Uvedeným způsobem lze totiž vyplnit v podstatě jakýkoliv polygon a dodat mu informaci o vnitřním členění a alespoň orientačních výškových poměrech uvnitř něj. Postup je to nicméně poměrně pracný. Další potíže jsou s generalizací reprezentace. Při změně měřítka a při požadavku na zachování velikosti elementu šrafury je potřeba ji vytvořit znovu.

4.5.1 Srovnání kartografické reprezentace skal na staré a nové ZM 10

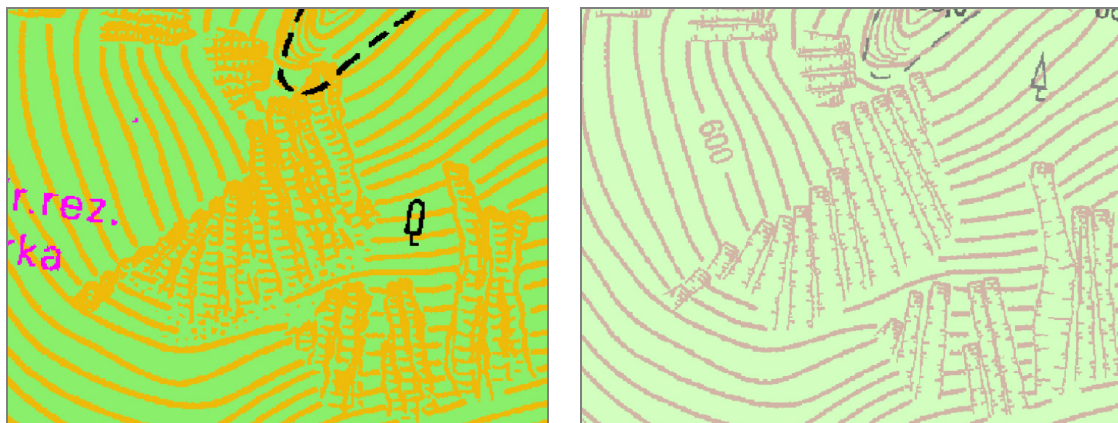
Reprezentaci skalních útvarů na původní ZM 10 hodnotil ve své práci (Čapek 1973, s. 51–52). Zachycení skalních útvarů na mapě hodnotí vesměs negativně: kritizuje nejednotnost provedení a s přihlédnutím k měřítku nedostatečnou tvarovou věrnost ve srovnání s ostatními terénními prvky. Protože podoba skal na NZM 10 je odvozena v podstatě pouze z původní ZM 10, tvarová věrnost nemůže být o nic lepší. Pokud je pro zachycení skály použita čistě žebříčková manýra, je tvarová věrnost nové mapy shodná s její starou podobou. Existují ovšem i mapové listy, kde topograf dokázal zachytit terén zdařileji než pouhou manýrou (viz např. obr. 54). Zachycení terénu na nové mapě je z hlediska tvarové věrnosti jednoznačně horší.

Porovnáme-li jednotnost zachycení skalních útvarů, vychází díky použití prostředků digitální kartografie nová podoba mapy ze srovnání lépe. I zde lze sledovat určité odchylky, jak ve způsobu kresby, tak ve způsobu zachycení terénu. Konkrétní příklady projevů nejednotnosti byly zmíněny v předchozí kapitole.

Obecně lze tedy říci že stále platí, to co R. Čapek tvrdil před více než třiceti lety: skalní oblasti na našem území na výstižný způsob zachycení stále čekají (Čapek, 1973, s. 98). To bude ale možné až s novým výškopisným mapováním.

4.5.2 Poznámky k praktické realizaci a návrh vylepšení

Pro tvorbu kartografické reprezentace se na ZÚ v odboru kartografie a polygrafie v současné době (údaj z konce roku 2007) používá software Bentley MicroStation J (V7), s tím, že je v blízké budoucnosti plánován přechod na technologie ESRI. Pro účely tvorby jsou definovány tři druhy uživatelských čar: pro hlavu klasické skály, pro hlavu pískovcové skály a pro pomocnou čáru pro dokreslení spodní části skalního útvaru.



Obr. 55. Porovnání žebříčkové manýry (vlevo) a metody používané na NZM 10 (vpravo).

Ukázka z mapového listu 02-33-03, Krušné hory, NPR Jezerka. Mírně zvětšeno.

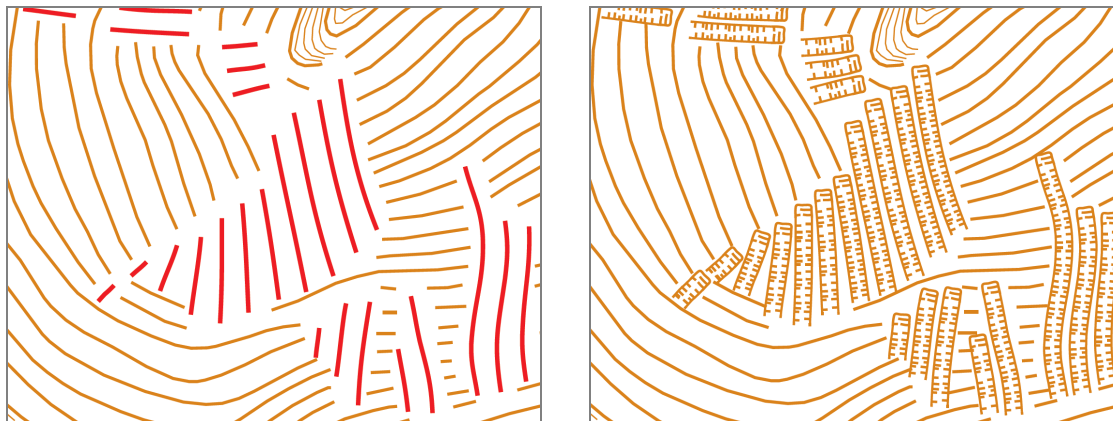
Mapy: ČÚZK. Zdroj: Geofond, 2008 (mapa vlevo) a Portál veřejné správy ČR, 2008 (mapa vpravo).

Uvedený postup lze pochopitelně napodobit a mírně vylepšit jak v ArcGIS, tak v OCAD. Vzhledem k tomu, že na rozdíl od ostatních metod není postup úplně zřejmý, popíšeme ho podrobněji a uvedeme možná vylepšení. Celkem byly vytvořeny 3 sady symbolů pro reprezentaci:

- pouze pomocí elementů,
- kombinace hlavy a pomocné čáry,
- stínovaná varianta kombinace hlavy a pomocné čáry.

Pouze pomocí elementů

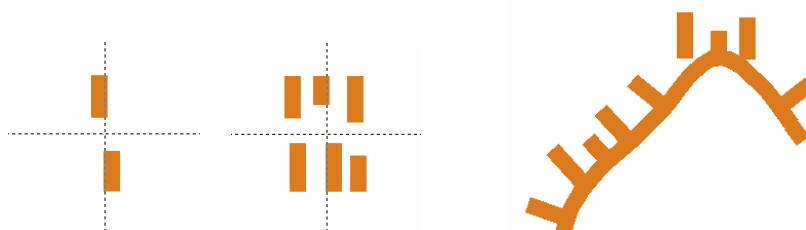
Reprezentace pouze pomocí elementů je nejjednodušší způsob, jak se k podobě šraf používaných na NZM 10 přiblížit. Pro tuto reprezentaci stačí pouze jeden liniový symbol. Kreslená linie pak představuje osu tohoto elementu. Linii pak symbolizujeme pomocí dvou rovnoběžných čar, které představují pomocné čáry, a příčných čar, které jsou na tyto linie kolmé a jsou orientovány směrem dovnitř elementu. Hlava skalního útvaru je tvořena speciálním bodovým symbolem pro začátek linie. Linie, které musí kartograf nakreslit a výsledná reprezentace jsou na obr. 56.



Obr. 56. Skalní šrafy pouze pomocí elementů.
Vlevo červené linie, které je nutné zakreslit, vpravo výsledná reprezentace.

Všimneme si ještě některých detailů symbolizace linie. Ačkoliv myšlenka tvorby reprezentace je stále tatáž, její praktická realizace se v OCAD a ArcGIS liší.

V OCAD aktivujeme dvojitou čáru pomocí volby *Double Line*. Přidáme *Main symbol*, což je v tomto případě dvojice čar svislých čar umístěných zhruba nad sebou tak, že vzdálenost spodního bodu dolní čáry a horního bodu vrchní čáry odpovídá šířce elementu zvětšené o tloušťku pomocných čar. Abychom alespoň trochu zvýšili nepravidelnost kresby, přidáme i *Secondary symbol*, což je v tomto případě šestice svislých čar uspořádaných tak, že výška jim opsaného obdélníku opět odpovídá šířce elementu zvětšené o tloušťku pomocných čar (viz obr. 57).



Obr. 57. Tvorba pomocných čar v OCAD.
Vlevo Main symbol, uprostřed Secondary symbol.
Vpravo situace zachycující vztah horizontálního rozměru Secondary symbolu a křivosti čáry.

Výsledkem uvedené reprezentace je, že čtveřice pomocných čar tvoří pravidelně se opakující vzorek. Přirozeným nápadem by bylo zvýšit nepravidelnost tak, že v symbolech vytvoříme nepravidelných čar více. Zde ovšem narazíme na omezení dané tvarem pomocné čáry, protože při příliš velkém horizontálním rozměru symbolu a v případě, že se osa elementu bude lišit od přímky, přestanou se příčné čáry pomocných dotýkat (viz obr. 57 vpravo). Jinými slovy, při přílišném zakřivení pomocné linie bude tečna vedená v bodě, kde se má symbol umístit, od linie vzdálená více než je polovina tloušťky pomocné čáry a mezi symbolem a pomocnou čarou tak vznikne

mezera. Tím je v OCAD omezena míra nepravidelnosti, kterou lze do kresby popsaným způsobem vnést. Hlavu skalního útvaru přidáme jako Start symbol. Detaily reprezentace jsou na CD přiloženém k práci v souboru VertikalniLinie.ocd v adresáři reprezentace jako symbol číslo 1.1.

V ArcGIS je před tvorbou reprezentace velmi vhodné nejprve zafixovat měřítko pomocí *Set reference scale*. Výsledná reprezentace je pak poskládána z celkem 7 vrstev:

- reprezentace hlavy pomocí *Marker Line Symbol* s nastaveným vlastním počátečním symbolem. Počáteční symbol hlavy byl přidán jako EMF soubor. Tomuto symbolu je nutné nastavit orientaci podle linie (*Rotate symbol to follow line angle*). Dále jsou potíže s nastavením posunutí, protože symbol je otočen a následně posunut podle souřadného systému obrazovky, nikoliv ve vztahu k linii.
- reprezentace pomocných čar pomocí dvojice *Cartographic Line Symbols* s nastaveným posunutím od osy elementu. Velikost tohoto posunu je dána šířkou elementu.
- reprezentace příčných čar pomocí čtyř *Hash Line Symbols*. Mají stejný význam jako *Main* a *Secondary symbol* v OCAD, tj. vnést do kresby nepravidelnost. Jedna dvojice je po kresbu na levé straně a druhá na pravé straně elementu. Výhodou ArcGIS je, že takto můžeme přidávat další *Hash Line Symbols* a dosáhnout tak výrazně lepší nepravidelnosti kresby příčných čar.

Detaily reprezentace jsou uloženy na CD přiloženém k práci v adresáři reprezentace v souboru VertikalniLinie.style. V souvislosti se složitou symbolizací nápověda k ArcGIS upozorňuje, že velmi snižuje rychlost vykreslování. Složitá symbolizace vede rovněž k velké velikosti výsledného souboru s projektem. Hlavní výhodou ArcGIS (od verze 9.2) je ovšem možnost převést výslednou symbolizaci na volnou reprezentaci a tu pak dále libovolně upravovat.

Kombinace hlavy a pomocné čáry

Tento způsob pravděpodobně nejvíce odpovídá metodě používané v současné době na ZÚ. Pro tuto reprezentaci postačuje jeden bodový symbol (pro hlavu skály) a jeden liniový symbol (pro pomocné a příčné čáry). Kartograf pak musí umístit a případně otočit bodový symbol hlavy a ke každé hlavě dokreslit (ne nutně) dvě pomocné linie. Body a linie, které musí kartograf nakreslit a výsledná reprezentace jsou na obr. 58.

Postup je analogický jako v předchozím případě. V OCAD vytvoříme bodový symbol pro hlavu, který při umístění pomocí nástrojů *Direction of area patterns* nebo *Rotate object* zorientujeme tak, aby jeho otevřená strana směřovala po spádnicí. Dále vytvoříme liniový symbol analogicky jako v předchozím případě, s tím, že pomocná čára je jednoduchá a příčné čáry směřují vpravo ve směru orientace linie. Proto je nutné kreslit levou pomocnou čáru směrem do svahu a pravou pomocnou čáru směrem ze svahu. Další možnost by pochopitelně byla vytvořit samostatný liniový symbol pro každou z čar. Detaily reprezentace jsou opět na CD přiloženém k práci v souboru VertikalniLinie.ocd v adresáři reprezentace jako symboly začínající číslem 2.

Poznámka: Budeme-li v dalším textu mluvit o levé a pravé pomocné čáře, je tento údaj vždy vztahen k poloze hlavy otevřenou stranou směrem dolů, tj. k ose hlavy při pohledu směrem do svahu, nezávisle na tom, jak je hlava orientována z pohledu čtenáře mapy (viz obr. 46).



Obr. 58. Skalní šrafy pomocí hlavy a pomocné čáry.
Vlevo červeně linie a body, které je nutné zakreslit, vpravo výsledná reprezentace.

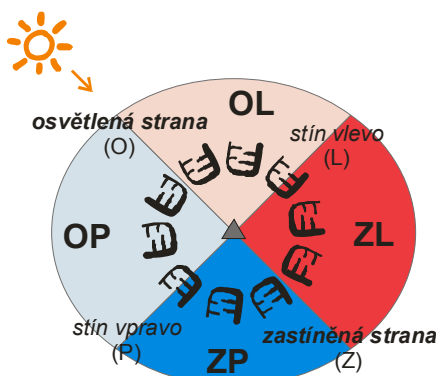
I v ArcGIS je postup podobný jako v předchozím případě. Bodový symbol rovnou při vytvoření pomocí nástroje *Rotate Tool* natočíme správným směrem. Pro pomocnou čáru postačuje kombinace jedné *Cartographic Line Symbol* a dvou *Hash Line Symbols*. O směru kresby čar platí totéž co v OCAD. Detaily reprezentace jsou uloženy na CD přiloženém k práci v adresáři reprezentace v souboru *VertikalniLinie.style*.

Stínovaná varianta kombinace hlavy a pomocné čáry

Předchozí variantu je možné ještě poněkud vylepšit a pokusit se přiblížit výslednou reprezentaci žebříčkové manýře tím, že příčné čáry nebudou kolmé na pomocné a zejména tím, že zavedeme stínování, tj. budeme měnit šířku čáry podle principu severozápadního osvětlení.

Přidání příčných čar nepředstavuje z hlediska popsané reprezentace žádné potíže. V OCAD upravíme *Main symbol* a *Secondary symbol* tak, že původně svislé čáry prohne mírně do oblouku. V ArcGIS místo *Hash Line Symbols* pro reprezentaci příčných čar použijeme *Marker Line Symbols* s vlastními symboly mírně prohnuté čáry. Vzhledem k prohnutí je ale potřeba rozdělit liniový symbol pro kresbu pomocných čar na dva. Za předpokladu, že příčné čáry budou orientovány vpravo od čáry pomocné, levá pomocná linie by měla orientaci čar nepřirozeně. Po této úpravě budeme tedy pomocné čáry kreslit vždy směrem ze svahu s tím, že musíme výběrem odpovídajícího liniového symbolu určit, zda vytváříme pomocnou čáru levou či pravou.

O něco větší potíž představuje přidání stínování, tedy modifikace šířky čar šraf v závislosti na orientaci skalního útvaru vzhledem ke světovým stranám. Hlava skalního útvaru bude v tomto případě podle svislé osy rozdělena na dvě části, zastíněnou (reprezentovanou tlustou čarou) a osvětlenou (reprezentovanou tenkou čarou). Souvislost orientace zastíněné a nezastíněné části hlav v závislosti na orientaci skalního útvaru vzhledem ke světovým stranám je schematicky zachycena na obr. 59. Všimněme si, že je potřeba použít dva bodové symboly pro hlavy, protože jeden typ má stín vpravo (na obr. 59 modře podbarvená oblast), druhý typ má stín vlevo (červeně podbarvená oblast). Druhý symbol lze z prvního snadno vytvořit zrcadlením podle svislé osy. Podle tloušťky linie hlavy lze určit šířku pomocné čáry. V předchozím odstavci jsme vysvětlili, že při zakřivení pomocných čar budeme potřebovat dva liniové symboly: jeden pro levou pomocnou čáru a druhý pro pravou pomocnou čáru. Tyto symboly je ještě nutné zkombinovat se stínováním. Například hlava na rozmezí oblastí OL a ZL na obr. 59 potřebuje levou pomocnou čáru stínovanou (tj. tlustou) a pravou nestínovanou (tj. tenkou), naproti tomu hlava na rozmezí OP a ZP potřebuje levou čáru nestínovanou a pravou stínovanou.



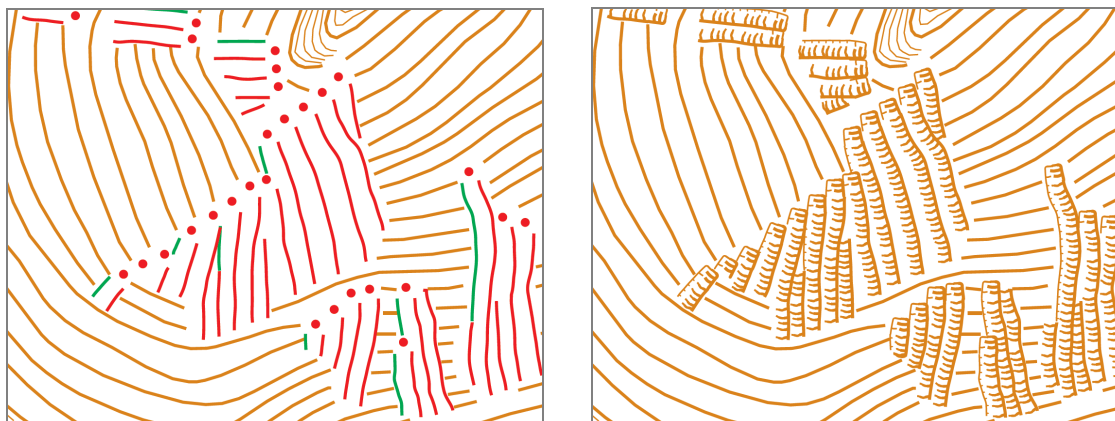
Obr. 59. Model osvětlení k výkladu stínování šraf.

Trojúhelník představuje vrchol terénního útvaru, jednotlivé výšečky pak orientaci vůči osvětlení. Vysvětlení v textu.

Celkem tedy v tomto případě budeme potřebovat šest symbolů:

- dva bodové pro hlavu (jeden se stínem vpravo, jeden se stínem vlevo)
- dva liniové pro levou pomocnou čáru (stínovaná a nestínovaná varianta)
- dva liniové pro pravou pomocnou čáru (stínovaná a nestínovaná varianta).

Jakkoliv vypadá uvedený postup složitě, jediným úkolem, který není úplně mechanický, je výběr a umístění správné varianty hlavy podle orientace skalního útvaru vzhledem ke světovým stranám. Následné doplnění vhodné varianty pomocných čar lze určit z použité varianty hlavy. Výsledný obraz po aplikaci tohoto postupu je na obr. 60.



Obr. 60. Skalní šrafy pomocí stínované varianty hlavy a pomocné čáry.

Vlevo červeně a zeleně linie a body, které je nutné zakreslit, vpravo výsledná reprezentace.

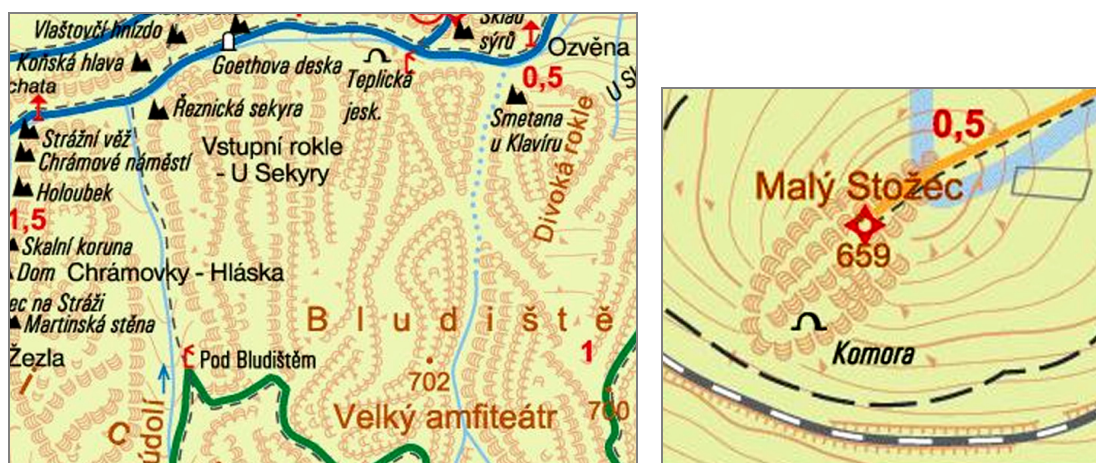
Praktická realizace uvedeného postupu v OCAD a ArcGIS spočívá v úpravách tloušťky čar a velikosti symbolů, z nichž jsou tvořeny pomocné čáry. Detaily reprezentace v OCAD jsou opět na CD přiloženém k práci v souboru VertikalniLinie.ocd v adresáři reprezentace jako symboly začínající číslem 3, v ArcGIS v adresáři reprezentace v souboru VertikalniLinie.style.

Uvedený postup představuje velmi jednoduchou metodu a z hlediska severozápadního osvětlení ne zcela správnou metodu, jak stínování přidat. Kromě lokálního stínu daného orientací hlavy směrem ke světelnému zdroji by bylo vhodné uvažovat globální vliv osvětlení, tj. na stěnách orientovaných směrem k severozápadu by měly být stejné druhy čar tvořící kresbu poněkud tenčí a na straně odvrácené by měly být poněkud tlustší. Znamená to tedy zohlednit nejen rozdělení hlav do kategorií L (stín vlevo) a P (stín vpravo), ale také do kategorií O (osvětlená) a Z (zastíněná, viz model obr. 59). Protože tyto kategorie je možné kombinovat, dostali bychom čtveřici symbolů pro

hlavu (podle umístění v kvadrantu OL, OP, ZL, ZP) a celkem 8 symbolů pro pomocné čáry (celkem 4 různé tloušťky v kombinaci s variantami levá – pravá). Tento postup by bylo možné dále zobecnit a zavést šířku čáry tvořící hlavu, pomocné a příčné čáry jako funkci lokální orientace části skalního útvaru vzhledem ke světovým stranám. Tento postup by bylo žádoucí zautomatizovat do té míry, že by uživatel zadal hlavu a linii a software by sám podle osvětlovacího modelu dopočítal tloušťku čáry.

4.6 Horizontální linie

Základem této metody je linie tvořená bodovými symboly. Každý z těchto bodových symbolů představuje obvykle jednu stylizovanou skalní šrafu a výsledná reprezentace má opět připomínat žebříčkovou manýru. Symboly jsou ale na rozdíl od předchozí metody orientovány kolmo na linii, tudíž kreslená čára představuje horizontálu. Symboly je proto nutné rozmístit ve vhodné vzdálenosti s tím, že jednotlivé šrafy by se neměly příliš překrývat a zároveň by od sebe neměly být příliš vzdáleny.



Obr. 61. Reprezentace skal pomocí horizontálních linií.
Vlevo pískovcové skalní město Teplických skal (mírně zvětšeno).
Vpravo Malý Stožec v Lužických horách (zvětšeno).
Mapa: Geodézie OnLine. Zdroj: Mapy 1188, 2008.

Hlavním problémem uvedeného postupu je, že se špatně vypořádá s proměnlivým rozměrem skalního útvaru měřeným po spádnicí. Pokud se uvedeným postupem budeme snažit vyplnit polygon reprezentující půdorys skalního útvaru, povede se nám to dobře pouze v případě, že je všude zhruba stejně „široký“. Uvedený problém lze řešit jednak zavedením několika typů linií pro různé šířky skalního útvaru, jednak vrstvením horizontál jedné šířky nad sebe (viz obr. 61). Druhý z naznačených postupů ovšem není příliš vhodný, protože pak může vznikat dojem přítomnosti ve skutečnosti neexistující terénní hrany. Alternativní možností je použít pro skalní útvar s velkým rozměrem po spádnicí metodu vertikálních linií s tímž bodovým symbolem (srov. obr. 44 a obr. 61). S generalizací je podobný problém jako u vertikálních linií.

Další potíž nastává při velkém zakřivení linie. Jednotlivé bodové symboly se začnou buď překrývat nebo se od sebe příliš vzdalují. Metoda se obvykle kombinuje s metodou bodových symbolů (viz kapitolu 4.7), přičemž bodový symbol se použije v případě, že je potřeba pouze jedna šrafa a tentýž bodový symbol je pak použit pro reprezentaci linií. Ukázka kartografické reprezentace skal popsanou metodou v OCAD je uložena na CD v souboru HorizontalniLinie.ocd v adresáři reprezentace, v ArcGIS v adresáři reprezentace v souboru HorizontalniLinie.style. Uvedený způsob lze vylepšit přidáním stínování, tedy pomocí změny tloušťky linie podle principu severozápadního osvětlení podobně jako u metody horizontálních linií.

Metodu lze v mírně obecnější podobě použít i pro velehorský terén ke znázorňování skalnatých hřebenů. Ty není nutné kreslit jako dvě rovnoběžné linie, ale je vhodnější vytvořit další liniový symbol, který má šrafu na obě strany od hřebene. Tento postup je použit například v práci (Veverka, 2006).

Podobný způsob pro tvorbu kartografické reprezentace je využíván i na Slovensku při vizualizaci dat SVM 50. SVM 50 (spojitá vektorová mapa) vznikla na podkladě Základní mapy SR v měřítku 1 : 50 000. Podrobnější informace o tvorbě tohoto díla jsou uvedeny na (Geoportál ÚGKK SR, 2008). Z hlediska reprezentace skal je zajímavá liniová vrstva *Reliéfny prvok*, která obsahuje jako atribut typ reliéfního prvku: srázy, raveny, krasové závrtky, rokly/výmoly/strže, skalnaté srázy/skály a propasti/jámy. Průzkum dostupných dat ukázal, že v případě rozsáhlejších skalních oblastí byla jako linie skal vektorizována horní hrana skalního útvaru (ve smyslu kapitoly 4.5). Speciálně ve vysokohorském trénu to znamená, že není zachycen půdorys skal, ale pouze jednotlivé hřebeny. Původní mapu a dvě možné ukázky výsledné reprezentace skal zachycuje obr. 62. Z nich je na první pohled patrná hlavní nevýhoda této metody: nelze se totiž vypořádat s proměnlivým rozměrem skalního útvaru měřeným po spádnicí.



Obr. 62. Dvě podoby metody vertikálních linií na slovenských mapách.

Nahoře původní podoba Základní mapy SR v měřítku 1:50 000, jejíž vektorizací vznikla SVM 50.

Dole dva způsoby vizualizace SVM 50: vlevo od SŽAP, vpravo od ArcGEO. Všechny ukázky zvětšeny.

Mapa nahoře: ÚGKK SR. Zdroj: Geoportál ÚGKK SR, 2008.

Mapa vlevo dole: SAŽP. Zdroj: SAŽP, 2008.

Mapa vpravo dole: ArcGEO. Zdroj: SVM 50 – KARTO, 2008.

4.7 Bodové symboly

Základem této metody je bodový symbol představující jednu skalní šrafu, respektive jeden element žebříčkové manýry. Do půdorysu skalního útvaru se umísťují a podle směru spádu orientují jednotlivé bodové symboly. Výsledek má opět připomínat žebříčkovou manýru, trpí ovšem stejnými neduhy vyplývajícími z konstantního rozměru bodového elementu jako metoda horizontálních linií. Z hlediska práce kartografa má ale další nevýhodu: na rozdíl od horizontálních linií je ale navíc nutné ještě umísťovat a orientovat každý z bodových symbolů zvlášť. Ačkoliv je

tento postup pracný a nepřináší žádné výhody, používá se například na nových mapách KČT. Výsledné podání terénu je ve srovnání s dříve používanou podkladovou topografickou mapou v měřítku 1 : 50 000 nic neříkající (viz obr. 63).

Tento postup se hodí snad pouze jako doplněk k metodě horizontálních (případně vertikálních) linií. Použijeme stejný bodový symbol, jakým je tvořena linie. Tento symbol samotný se ovšem použije spíše výjimečně pouze pro skalní útvary malého rozsahu, které nelze vyjádřit ani horizontální ani vertikální linií. Linie totiž zajišťují natačení symbolu automaticky.



Obr. 63. Pískovcový terén zachycený metodou bodových symbolů. Teplické skalní město, v originále 1 : 50 000, zvětšeno.
Mapa: Trasa. Zdroj: Trasa, 2007.

4.8 Skenované podklady a vektorizace šraf

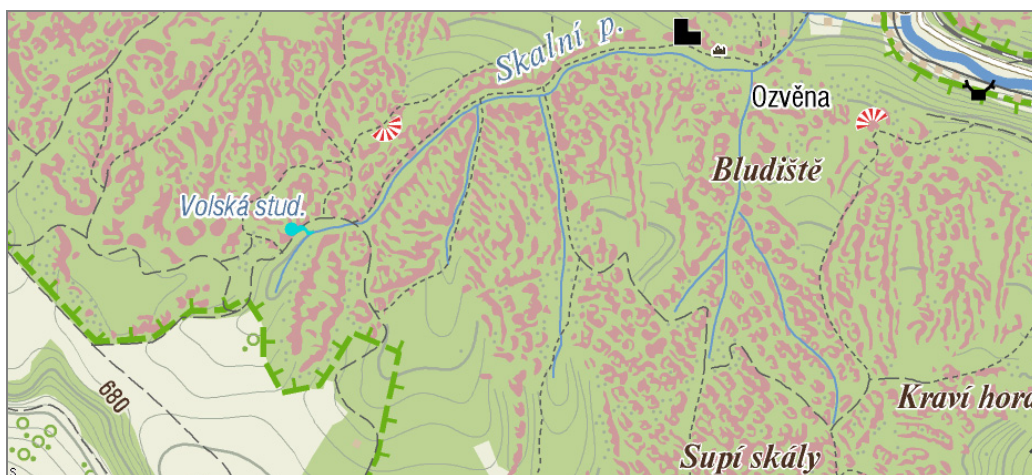
Použití této metody předpokládá, že kvalitní reprezentace skal již byla vytvořena a do mapy bude pouze převzata. V nejjednodušší podobě lze skalní šrafy vložit do digitální mapy jako rastrový obrázek a zkombinovat je s dalšími vektorovými vrstvami. Tento postup je používán v případě, že jsou k dispozici velmi kvalitní podklady, jejichž opětovná tvorba by byla enormně pracná a nákladná. Týká se to především map alpských zemí. Lze konstatovat, že téměř každá nově vydaná mapa, která má tradiční reprezentaci skalních útvarů vznikla právě tímto způsobem. Tímto způsobem nemusí být přejímány pouze skalní šrafy, ale obecně celý výškopis či topografický podklad, nad nímž pak autoři mapy budují vlastní tematický obsah.



Obr. 64. Ukázka použití převzatých skalních šraf. Oblast Monte Cristallo, Itálie. V originále 1 : 25 000, mírně zvětšeno. Vpravo detailní zvětšený výřez.
Mapa: Istituto Geografico Militare. Zdroj: Tabacco, 2003.

Další variantou tohoto postupu je provést vektorizaci šraf z rastrového obrázku. Skalní šrafy jsou pak reprezentovány jako polygonová vrstva. Vektorizaci lze provést ručně, což může být sice

zdlouhavé a pracné, ale méně náročné než šrafy vytvářet od začátku. Vektorizace může být provedena i automaticky za předpokladu, že máme dostatečně kvalitní podklady. Před vektorizací je vhodné z rastru odstranit všechny oblasti, kde šrafy nejsou a výsledek převést na dvoubarevný obrázek, kde jedna barva představuje šrafy a druhá pozadí. Automatická vektorizace dá v tomto případě rozumný výsledek. V ArcGIS je pro účely vektorizace možné použít nástroj *Raster To Polygon* s možností *Simplify polygon*, která tvarově zjednoduší vzniklé polygony. V OCAD je nutné provádět vektorizaci ručně.



Obr. 65. Reprezentace skal pomocí polygonů vzniklých vektorizací šraf.
Oblast Teplických skal, v originále 1 : 50 000, mírně zvětšeno.
Mapa: SHOCart. Zdroj: Mapy.cz, 2008.

Reprezentaci skal pomocí polygonu zachycujícího šrafy u nás používá řada kartografických vydavatelství, například SHOCart (obr. 65) či Kartografie Praha. Stejná reprezentace je použita např. i v práci (Petr, 2005). Jako podklad slouží většinou šrafy na stávajících topografických mapách v měřítkách 1 : 50 000 a větších. Jednou z nevýhod tohoto přístupu je problematická generalizace a velmi pracné provádění změn v takto vytvořených datech. Metoda by byla teoreticky použitelná i pro ZABAGED, s tím, že by se zvektorizovala původní ZM 10. Výsledná reprezentace by pak ale převzala všechny její nedostatky.

4.9 Shrnutí používaných metod

Máme-li praktické přístupy k zachycení skalních útvarů prostředky digitální kartografie nějak shrnout, musíme předně konstatovat, že jich je až překvapivé množství. V jednoduché podobě ovšem žádný z nich nedosahuje kvalit a estetického působení tradiční reprezentace. Pro zachycení skalního terénu z hlediska globální orientace se jeví jako dostatečné použití stínování v kombinaci s kteroukoliv z popsaných metod. Z hlediska lokální orientace vyhovují podrobné polygony a linie zachycující jednotlivé hrany a stěny. Z hlediska náročnosti tvorby reprezentace jsou v závislosti na datech, jakými jsou skalní útvary reprezentovány, nejvhodnější buď polygony zachycující půdorys, nebo vertikální linie. Estetická stránka všech reprezentací ve srovnání s tradičními metodami zaostává, naproti tomu s jednotností není u žádného ze způsobů větší problém. Obecně většina metod působí ve výsledku příliš šablonovitě a schematicky a nereflktuje morfologické zvláštnosti jednotlivých typů skalního terénu. Pokus o podrobnější hodnocení jednotlivých metod je zachycen v tab. 1.

Tab. 1. Hodnocení metod pro zachycení skal používaných v digitální kartografii.

metoda / kritérium	globální orientace	lokální orientace	jednotnost reprezentace	automatizace tvorby*	estetika a uživatelská vstřícnost	hlavní přednost
vrstevnice	4	bez úprav 5, s úpravami 2	1	1–2	bez úprav 4, s úpravami 3	jednoduchost, snadná algoritmizovatelnost
půdorysné polygony	3–5, v závislosti na podrobnosti polygonů, podrobnější znamená lepší	1–5, v závislosti na podrobnosti polygonů, podrobnější znamená lepší	1	1–5, v závislosti na podrobnosti polygonů, podrobnější znamená horší	2–5, v závislosti na podrobnosti polygonů, podrobnější znamená lepší	jednoduchost vzhledem k podobě dostupných dat
hranové a stěnové polygony a linie	1–2	2	3	3–4	2	nejlepší poměr kvality výsledku / časová náročnost práce
vertikální linie	2–3	4–5	3	3	2–3	pracné, ale dobrý způsob jak se přiblížit žebříčkové manýře
horizontální linie	3	4–5	2–3	3	3–4	kompromis mezi jednoduchostí tvorby a přiblížením k žebříčkové manýře
bodové symboly	3–4	4–5	3	4	4–5	žádná neexistuje
skenování a vektorizace šraf	? závisí na kvalitě podkladu	? závisí na kvalitě podkladu	? závisí na kvalitě podkladu	při dostupných a kvalitních podkladech 2, při nutnosti nové tvorby 5	? závisí na kvalitě podkladu	při již existujících kvalitních podkladech nejlepší poměr kvality / časová náročnost práce

Poznámky k tabulce:

hodnoty kritérií: 1 – výborná, 2 – spíše dobrá, 3 – průměrná, 4 – spíše špatná, 5 – nevyhovující, ? – závisí na parametru

* – automatizaci tvorby se rozumí automatizace vzhledem k dostupným datům (v kontextu ČR ZABAGED, DMÚ 25, digitální modely terénu)

4.10 Výzkumy v oblasti

V předchozích kapitolách jsme popisovali praktické postupy používané při tvorbě kartografické reprezentace skal na mapách. V této podkapitole se budeme soustředit spíše na teoretičtější otázky. Nejprve se na problematiku tradiční metody kresby skal podíváme obecně z pohledu moderní počítačové grafiky. V další části pak zmíníme konkrétní výzkumy a algoritmy, které se této oblasti týkají.

4.10.1 Pohled moderní počítačové grafiky

Pokud bychom měli problém tvorby tradiční reprezentace skal zařadit do kontextu počítačové grafiky, patřil by do oblasti tzv. nefotorealistického zobrazování (*non-photorealistic rendering*, dále jen NPR). Termín fotorealistické zobrazování v počítačové grafice zahrnuje takové postupy, které se snaží zobrazit virtuální scénu tak, aby se výsledek co nejvíce podobal fotografii scény skutečné. Nefotorealistické metody o dosažení fotorealismu záměrně neusilují. Podstatné je to, že odklon od fotorealismu je záměrný – jinak by za nefotorealistické metody bylo možno považovat i ty, které fotorealistické být chtějí, ale z nějakého důvodu se jim to nedaří. Problematika NPR je jednou z novějších oblastí počítačové grafiky a rychle se vyvíjí (Žára et al., 2004).

Mezi výhody použití NPR patří přehlednost, možnost přizpůsobení se stylu, možnost tyto techniky kombinovat s ruční prací, technická omezení tisku (šrafovaný obrázek může vypadat při černobílém tisku lépe než fotografie), příznivé psychologické působení a atraktivnost NPR či elegantní způsob, jak vyřešit nedostatek dat pro fotorealistické zobrazování (Žára et al., 2004, s. 473–475).

Výhodným vstupem metod NPR jsou 2,5D data (viz kapitolu 3.2). Nad těmito daty lze simulovat např. tradiční malířské techniky, pro účely skal je ale podstatnější simulace kresby šraf. Jejím výstupem je síť relativně tenkých čar, které lze popsat vektorově nebo je uložit jako bitmapu. Podstatné pro správné a názorné vyjádření tvaru objektu je dobře zvolené umístění šrafovacích čar. V tom se Žára et al. (2004) dobře shoduje s tím, co popisuje ve své knize Imhof (2007, s. 259–265). Ty čáry, které nesou nejvíce informace jsou zobrazovány nejvýrazněji, méně důležité jsou zanedbávány. Při vykreslování je snaha minimalizovat počet použitých čar, jednak z důvodů rychlejšího vykreslení výsledku, jednak z důvodů přehlednosti. Významnou roli při hledání charakterizačních čar hrají siluety (*contour edges, silhouettes*), což jsou křivky ležící na povrchu modelu, které tvoří hranici mezi plochou přivrácenou k pozorovateli a plochou odvrácenou od pozorovatele. Pozice siluet tedy závisí na směru, odkud je model pozorován. Protože jsou důležité pro zobrazování, byla vyvinuta řada algoritmů pro jejich detekci (Žára et al., 2004, s. 478–479).

4.10.2 Konkrétní algoritmy

Při hledání konkrétních algoritmů pro kresbu skal prostředky digitální kartografie toho autor práce mnoho neobjevil. Podle dostupných informací tato problematika není v ČR nijak zvlášť zkoumána a ani ve světě se touto oblastí mnoho lidí nezabývá.

Autorovi práce se podařilo objevit v podstatě jedinou instituci, která se tímto problémem zabývala podrobněji. Je jí *Institute of Cartography na Swiss Federal Institute of Technology (ETH)* ve švýcarském Curychu a výzkum je spojen zejména se jmény L. Hurniho a T. Dahindena. Uvedení autoři se od roku 2000 zabývají mj. možnostmi automatizace a algoritmizace tvorby kartografické reprezentace skal. Východiskem je disertační práce (Hurni, 1995 cit. v Dahinden; Hurni, 2007), kde je popsán algoritmus, který na základě digitalizace horní a dolní hrany skalního útvaru dokáže vytvořit tzv. *ridge-line* reprezentaci skalního útvaru. Prostorového efektu je dosahováno především změnou tloušťky linie na osvětlené a neosvětlené straně skalního útvaru, a dalšími modifikacemi podle poměrně složitých pravidel (např. vliv velikosti, konvexnosti, resp. konkávnosti skalního útvaru). Jedná se o výsledek podobný metodě popsané v kapitole 4.4. Na základě algoritmu byl napsán program, původně fungující jako dávkový v prostředí operačního systému Unix, poději byl vyvinut plugin pro software Macromedia Freehand, který byl použit v celkem čtyřech mapovacích projektech (Hurni et al., 2001).

Rozšířením této metody o vyplňování ploch šrafováním ve stylu švýcarské metody se zabýval Dahinden (2000). Plochy téhož sklonu (tedy v podstatě dílčí plochy tvořící skalní polyedr) musí být předem digitalizovány a musí být předem známo, zda se mají vyplňovat horizontální či vertikální šrafurou. Algoritmus pak vyplní oblast šrafováním o zadané hustotě či dokáže kreslit jednotlivé šrafy, přičemž mění tloušťku čáry podle stejného modelu jako předchozí algoritmus. Z publikovaných ukázek a i vlastního hodnocení autorů (Hurni et al., 2001) je patrné, že k dokonalosti má tento algoritmus ještě dost daleko.

Tentýž autor se rovněž zabýval analýzou stávající reprezentace skal na mapách (ovšem nikoliv na digitálních mapách!) právě v souvislosti s hledáním vhodného způsobu, jak tvorbu reprezentace skal na mapách automatizovat (Dahinden, 2002). Autor kategorizuje tradiční různé reprezentace

skal na mapách mj. podle obtížnosti, s jakou je možné jejich tvorbu algoritmizovat a dospívá k závěru, že „většina běžných stylů (myšleno tradičních metod pro kresbu skal) je automaticky generovatelná dost obtížně“ (Dahinden 2002, s. 18).

O algoritmech týkajících se čistě reprezentace skal toho od jiných než výše uvedených švýcarských autorů mnoho napsáno není. V souvislosti s touto prací a se šrafami na mapách je na místě uvést ještě algoritmus popsáný v článku (Kennelly; Kimerling, 2001), kteří vytvořili metodu pro tvorbu šraf podobným Lehmannovým v ArcGIS a algoritmus (Buchin et al., 2004) pro tvorbu neprotínajících se šraf s využitím digitálního modelu terénu a textur. Některé myšlenky z těchto algoritmů byly použity při návrhu vlastní metodiky pro tvorbu reprezentace skal. Další odkazy na algoritmy související s touto problematikou lze získat z přehledového článku (Dahinden; Hurni, 2007, s. 3–5).

5 Metodika pro tvorbu kartografické reprezentace skal

5.1 Úvod

V této kapitole bude popsán návrh vlastní metodiky vhodné pro tvorbu kartografické reprezentace skal. S přihlédnutím k přednostem a nedostatkům reprezentací popsaným v kapitole 4 se pokusíme dospět k použitelnému řešení, které budeme hodnotit podle kritérií. Tato kapitola má tedy dva cíle:

- navrhnout obecnou metodiku použitelnou pro tvorbu různých reprezentací skalních útvarů na mapách, součástí tohoto návrhu je i návrh struktury dat pro reprezentaci skal tak, aby data byla maximálně reusabilní,
- ilustrovat praktickou použitelnost tohoto postupu vytvořením jedné konkrétní možné podoby reprezentace.

Cílem této kapitoly naopak není praktická implementace všech níže popsaných postupů do posledního detailu. Možnosti automatizace jednotlivých postupů zmíněny budou, převážně ale půjde o odkazy na konkrétní funkčnost konkrétního software spíše než o implementaci vlastních algoritmů.

Metodika byla vytvořena na základě studia tradiční reprezentace skalních útvarů, s přihlédnutím k výhodám a nevýhodám jednotlivých metod používaných v digitální kartografii a v neposlední řadě na základě autorových praktických zkušeností se skalami v terénu. Základní idea celé metody vychází z jednoduché úvahy: jestliže hlavní potíží u skal představuje převládající třetí (tj. vertikální) rozměr, který se snažíme převést do dvourozměrné mapy, pokusme se z této potíže udělat výhodu. Nemáme-li na kresbu skal žádné místo, použijeme takové vyjadřovací prostředky, které jsou na místo nenáročné a přesto pomocí nich důležitost skal v terénu vynikne.

Nejprve stručně popíšeme jednotlivé kroky navrženého postupu pro tvorbu reprezentace skalních útvarů na digitálních mapách. Každý z těchto kroků je pak podrobně popsán dále jako samostatná podkapitola. Obecný postup zahrnuje následující kroky:

- vymezení půdorysu skalních útvarů
- hledání stěn pro reprezentaci konturami
- hledání terénních hran nezachytitelných konturami
- hledání dalších charakterizačních čar
- finální úpravy reprezentace

Nejprve musíme definovat výstupní měřítko mapy, resp. z něj vyplývající míru podrobnosti zachycení skalních útvarů. Čím bude měřítko mapy větší, tím nižší bude stupeň generalizace při zachycení skály. Dále popisovaná metoda je vhodná především pro topografické mapy velkých a středních měřítek. V hodnocení metody ovšem zmíníme i otázky generalizace a použitelnosti ve větších měřítkách. Pro účely dalšího textu v tuto chvíli přepokládejme, že máme měřítko pevně zvolené a všechny další kroky budeme provádět v závislosti na něm.

V první řadě potřebujeme plošně vymežit půdorys skalních útvarů. Jen uvnitř vymezených polygonů se bude reprezentace skal vytvářet. V takto vymezené oblasti budeme nejprve hledat příkré až převislé stěny, jejichž horní a dolní linie v půdorysu (vzhledem k měřítku) splývá. Tyto stěny budou znázorněny pomocí kontur nesoucích informaci o relativní výšce a uživatele dobře upozorní na (ne)průchodnost terénu (vysoké, příkré skalní stěny nepředstavují pro běžného uživatele mapy-nehorolezce vhodnou cestu).

V závislosti na typu terénu budou kontury reprezentovat skalní útvar více či méně výstižně. Výstižné bude zachycení zejména u pískovcových skalních měst či osamělých skalek, méně výstižné například ve velehorském terénu. Nerepresentují-li kontury útvar výstižně, rozčleníme skalní útvar pomocí objektivně existujících terénních hran na dílčí plochy (opět v závislosti na měřítku). Hran oddělující jednotlivé plochy budou mít přiřazeny jisté atributy usnadňující tvorbu různých typů kartografické reprezentace.

Doposud popsané kroky vedly k vytvoření polygonu a linií s atributy představující v terénu reálně existující objekty. Ukážeme si, že z těchto dat je možné bez dodatečných informací vytvářet různé typy reprezentace. V případě, že to některý typ reprezentace vyžaduje, můžeme přidat ještě charakterizační čáry představující dodatečné informace o skalním terénu, které nelze zachytit ani konturami, ani pomocí terénních hran.

Ze všech získaných dat ve finále poskládáme kartografickou reprezentaci útvarů a můžeme přidat další prvky zvyšující kvalitu reprezentace ve smyslu uvedených kritérií (například stínování).

V dalším textu podrobně rozebereme každý krok: uvedeme podrobný postup pro různé typy terénu, budeme diskutovat použitelnost dostupných dat a možná řešení situace, kdy data pro zvolenou oblast zájmu k dispozici nejsou. Dále zmíníme možnost automatizace, resp. algoritmizace postupu a vlastnosti dat tvořící výstup každé z dalších fází. Postup budeme ilustrovat na umělých příkladech i konkrétních ukázkách vytvořených nad reálnými daty, čímž by měla být alespoň teoreticky zajištěna jak názornost, tak praktická použitelnost výsledků.

5.2 Vymezení půdorysu skalních útvarů

Vymezení půdorysu skalních útvarů je nutné ze dvou důvodů:

- omezení terénu zpracovávaného jako skalní útvary (tj. omezení oblasti, kde se mají provádět další kroky při tvorbě reprezentace)
- z důvodů finální vizualizace.

Abychom splnili první podmínku, stačí nám i hrubý obrys území se skalními útvary. Jde tedy o efektivitu práce, aby nebylo zbytečně zpracováváno území mimo skalní útvary, kde se jejich reprezentace pochopitelně vytvářet nebude. Se splněním druhé podmínky přímo souvisí otázka měřítka výsledné mapy, resp. požadované vlastnosti dat. Čím větší měřítko má mapa mít a čím bude mapa podrobnější, tím bude postup pracnější. V dalším textu si ukážeme, že při splnění určitých vlastností terénu je možné tento postup obejít a přesný půdorys skalního útvaru může vyplynout z dalšího zpracování.

Chceme-li jako výstup tohoto kroku algoritmu polygonu vymezení půdorys skalních útvarů, je nejprve nutné přesně říci, jak hranici skalního útvaru v terénu identifikovat. Otázka totiž není tak jednoduchá, jak na první pohled vypadá (Čapek, 1973, s. 101). Za skalní útvary jsou považována místa, kde se dostává na zemský povrch kompaktní hornina. Hranici tvoří tedy především rozmezí skal s hlinitým terénem a se sutěmi. Velké skalní bloky v sutích lze ale v závislosti na měřítku mapy považovat za samostatné skalní útvary. Ve velehorském terénu mohou hranici skalního útvaru vymezovat ledovce, u mořských útesů a skal zahloubených říčních údolí pak případně i břehová čára. Potíže nastávají v okamžiku, kdy je ve skalách vegetace, což je v našich podmínkách téměř vždy. Krom toho, že vegetace značně ztěžuje získávání informací o terénu, také komplikuje vymezení skalních útvarů. Tento problém se týká zejména skalnatých strání a škrapových polí, kde se s travnatými terény střídají drobné skalní výchozy, jejichž detailní zachycení v měřítku mapy je nemožné. Podobné potíže nastávají v pískovcových skalních městech, kde na vrcholových plošinách vysokých skal či okrajovek roste vegetace a dochází zde ke vzniku

tenké vrstvičky půdy, která skalní výchoz překryje. V těchto případech může být vymezení půdorysu skalního terénu i při terénním šetření značně diskutabilní.



Obr. 66. Problém přesného vymezení skalního terénu vzhledem k vegetaci. Vymezení okrajů skalních plošin je jednoznačné (plná červená čára), vymezení vzhledem k vegetaci na vrcholech plošin je značně neurčitě (přerušovaná červená čára), protože skály se nacházejí i pod vegetací. Neměřický letecký snímek z oblasti Teplického skalního města.
Foto: L. Jenka. Zdroj: shora.cz

V praxi se nebude půdorys skalního terénu ovšem pravděpodobně nebude vyměřovat v terénu, nýbrž se budeme snažit využít dostupných dat. Pro účely hrubého vymezení skalního terénu jsou použitelné obrysy skal z DMÚ 25 a ZABAGED. Obzvláště u dat ZABAGED v pískovcových oblastech oceníme jejich nevýhodu zmíněnou v kapitole 3.1.1 (umělé zvětšení půdorysu skal z důvodů čitelnosti tisku). Tato data ovšem budou nepoužitelná pro precizní vymezení skalního útvaru způsobem pro účely finální vizualizace. Pro tyto účely jsou mnohem vhodnější letecké snímky a digitální model terénu. Obecně je vhodnější otázku precizního vymezení skalního útvaru pro účely finální vizualizace odložit až do té fáze postupu, kdy máme nalezeny hrany a stěny. Tyto linie totiž budou v typickém případě tvořit hranici půdorysu skalního útvaru. Digitální model terénu a ortofota nám pak poslouží pouze jako podklad pro dodefinování zbytku půdorysu, i když v některých případech (srov. obr. 66) bude vymezení značně problematické. Možnou automatizaci v této fázi by mohla představovat klasifikace ortofot, ale potíží s vegetací se tím v našich podmínkách stejně nezabýváme (viz kapitolu 3.1.6).

5.3 Detekce stěn pro reprezentaci konturami

Cílem této fáze je najít v oblasti vymezené v prvním kroku algoritmu stěny, které budeme ve finále reprezentovat způsobem odpovídajícím konturové metodě. Za stěnu skalního útvaru vhodnou pro reprezentaci konturou budeme považovat strmé, kolmé, případně převíslé části skalního útvaru, jejichž převládající rozměr je vertikální. Speciálně budeme hledat takové stěny, jejichž půdorys bude vzhledem k měřítku mapy zanedbatelný, tj. bude je možné reprezentovat jednou čarou. Ideálně kolmá skalní stěna má jako půdorys právě tuto linii. Při použití 2,5D dat bude mít jako půdorys linii i převíslá stěna. Půdorysem převíslé stěny bude horní okraj převisu; při použití 2,5D dat jsou totiž od sebe převíslé a kolmé skalní stěny nerozlišitelné. Převisy lze na mapách velkých měřítek lze zachytit různými způsoby (Čapek, 1973, s. 98–100), nejjednodušší je vymezení

maximálního půdorysu. Na mapách středních měřítek převisy obvykle vzhledem k jejich nepatrné rozloze nelze vůbec zachytit.

Nemáme-li ideálně kolmou ani převislou stěnu, půdorys horní a dolní hrany se bude o jistou vzdálenost lišit. Čím bude stěna méně příkrá, tím větší bude tato vzdálenost. Vzhledem k tomu, že máme definované výstupní měřítko mapy a šířku čáry reprezentující konturu, můžeme tuto vzdálenost stanovit. Bude-li šířka kontury 0,6 mm a budeme-li tvořit reprezentaci skal pro mapu v měřítku 1 : 1000, bude tato vzdálenost 0,6 m. Pro mapu v měřítku 1 : 10 000 pak bude tato vzdálenost činit 6 m. Je tedy patrné, že se zmenšujícím měřítkem by mělo kontur přibývat, protože při konstantní výšce stěny bude podmínka na vzdálenost horní a dolní hrany splnitelná se stále nižším sklonem stěny.

Z tohoto důvodu je nutné definovat minimální výšku stěny. Přesná hodnota je otázkou diskuse, jako vhodná dolní mez se jeví například 2 m, což je výška, která je na hranici překonatelnosti běžným člověkem bez využití dalších pomůcek.

Výstupem této fáze algoritmu bude sada kontur (linií), které budou mít přiřazený atribut určující jejich relativní výšku, resp. výškový interval. Použití výškového intervalu se jeví jako vhodnější, protože výška stěny měřená od terénu může být značně lokálně proměnlivá. Pro zvýšení opakované použitelnosti dat pro tvorbu různých reprezentací je vhodné, aby kontury byly orientované, tj. např. aby terén ležící vpravo od kontury byl vždy výše než terén ležící vlevo od kontury. Podobný přístup se používá i v datech ZABAGED a DMÚ 25 k reprezentaci terénních stupňů.



Obr. 67. Ortofoto pobřeží řeckého ostrova Santorini.

Při vhodném osvětlení a bez přítomnosti vegetace jsou jednotlivé strmé stěny vhodné k zachycení konturami na snímku velmi dobře odlišitelné, podle stínu lze dokonce porovnávat jejich relativní výšku.

Zdroj: okxe.gr

Nyní zbývá vyřešit dost podstatnou otázku, a sice jak kontury hledat. Při vhodné terénní konfiguraci a osvětlení mohou kontury přirozeně vystupovat z ortofota a lze dokonce odhadnout, která stěna je vyšší a která nižší (viz obr. 67). Terén na uvedeném snímku by byl konturami velmi dobře zachytitelný. V našich podmínkách je vzhledem k vegetaci takovýto snímek téměř nemožné pořídit. Ze samotného ortofota není ale možné určit relativní výšku stěn. Jednou z možností k jejímu zjištění využití stereofotogrammetrie. V případě zdařilé reprezentace pomocí šraf na topografické mapě by bylo možné průběh kontur (ovšem nikoliv jejich relativní výšku) odhadnout i ze stávající mapy (srov. např. obr. 54 vlevo na str. 57).

V této práci popíšeme jiný postup využívající podrobného digitálního modelu terénu. Ukážeme si dva přístupy k hledání kontur:

- metodu slévání vrstevnic,
- metodu s využitím konvoluce.

Oba přístupy vycházejí z podrobného digitálního modelu terénu, který ovšem, jak již bylo zmíněno, není dostupný pro celou ČR.

5.3.1 Metoda slévání vrstevnic

Základní idea této metody vychází z instruktážních náčrtů uvedených v (Čapek, 1973, s. 95), které jsou převzaty přímo z článku popisující konturovou metodu (Ulrich cit. in Čapek, 1973). Jde o to, že kontury se vyskytují tam, kde dochází k optickému slévání vrstevnic. Tohoto slévání využijeme právě pro detekci míst, která mají být zachycena konturami. Celý postup lze realizovat například v ArcGIS a sestává se z následujících kroků:

- vytvoření vrstevnic
- vytvoření bufferu kolem vrstevnic
- spočítání průniku bufferů
- klasifikace průniku

Vytvoření vrstevnic z digitálního modelu terénu lze v ArcGIS provést např. pomocí funkcí *Contour* nebo *ContourList*. Základní interval vrstevnic je třeba zvolit poměrně malý, protože pro účely algoritmu je žádoucí, aby ke slévání vrstevnic docházelo.

Buffer okolo spočítaných vrstevnic lze vytvořit pomocí funkce *Buffer*. Velikost zóny je nutné zvolit v závislosti na požadovaném měřítku mapy. Přesněji by měla velikost S této zóny odpovídat polovině vzdálenosti, která bude na mapě ještě reprezentována konturou, tj.

$$S = \frac{M \cdot t}{2},$$

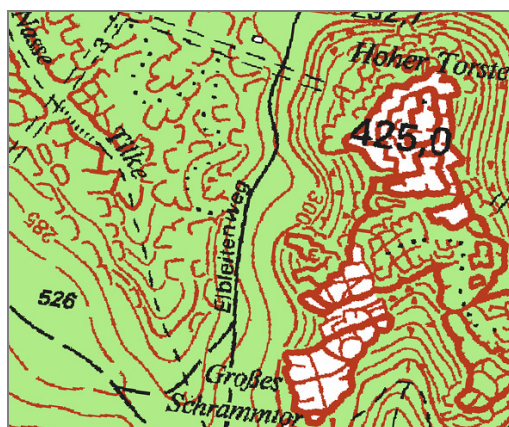
kde M je měřítkové číslo výsledné mapy a t tloušťka kontury. Výsledkem této fáze je tedy množina polygonů ve tvaru ztlustělých vrstevnic.

Dále je třeba spočítat průnik překrývajících se bufferů tak, že ve výsledku budeme kromě geometrie také znát počet výskytů jednotlivých polygonů v daném místě. Existuje několik možností, jak tuto operaci v ArcGIS realizovat, autor zvolil postup, který jednotlivé buffery převede na rastry (pomocí funkce *Polygon to Raster*) a tyto rastry posčítá (pomocí funkce *Plus*). Ve výsledku dostaneme tedy rastr, hodnota jehož každé buňky odpovídá počtu výskytu polygonů v daném místě. Přejít z vektorového k rastrovému modelu nepředstavuje zásadnější nevýhodu, protože z polygonů by nebylo možné kontury v podobě linií stejně přímo odvodit. Výhoda tohoto přístupu spočívá v odstranění štěpin, které by při překrývání polygonů mohly potenciálně vzniknout. Je zřejmé, že v místech, kde dochází ke slévání vrstevnic, budou hodnoty v takto vytvořeném rastru vyšší než v místech, kde ke slévání nedochází. Lze namítnout, že tvorba bufferu představuje zbytečný krok, když ArcGIS nabízí funkci *Polyline to Raster*. Výhoda použití bufferu spočívá v tom, že jeho šířka nám umožní ovlivnit míru generalizace kontur (srov. obr. 69 a obr. 70). Pro menší měřítko mapy může být velikost bufferu větší.

Závěrečnou fází výpočtu představuje klasifikace, resp. prahování výsledného rastru a případná vektorizace. Z hodnoty rastru lze pak určit relativní výšku kontury, která je rovna hodnotě rastru vynásobené zvoleným základním intervalem vrstevnic. Pokud výsledné artefakty nemají převládající charakter linií a mají tendence vytvářet spíše plochy, je nutné zmenšit velikost bufferu

či upravit meze použité pro prahování (zvýšit minimální požadovanou relativní výšku). Při přílišné velikosti bufferu totiž dojde k sečtení přes příliš velkou plochu, kontura se „rozmaže“ a její průběh je nezřetelný. V případě, že se ve výsledku neobjeví žádné artefakty, je nutné naopak velikost bufferu zvětšit a rovněž snížit relativní výšku. Přesné nastavení hodnot těchto parametrů závisí na lokálním charakteru zachycované lokality.

Pro účely této práce byla metoda otestována na DMT odvozeném z dat ALS popsaném v kapitole 3.1.5. Pro účely testování byla zvolena západní část lokality *Schrammsteine* tak, aby v daném území byly přítomny jak mírně rozčleněné pískovcové plošiny (oblast *Nasse Tilke* v SZ části výřezu), tak výrazné skalní srázy (*Hoher Torstein* a skály kolem *Nördlicher Osterturm* ve východní části výřezu). Ukázka reprezentace daného území konturami z topografické mapy je na obr. 68, srov. též s ortofotem na obr. 17 na str. 24).

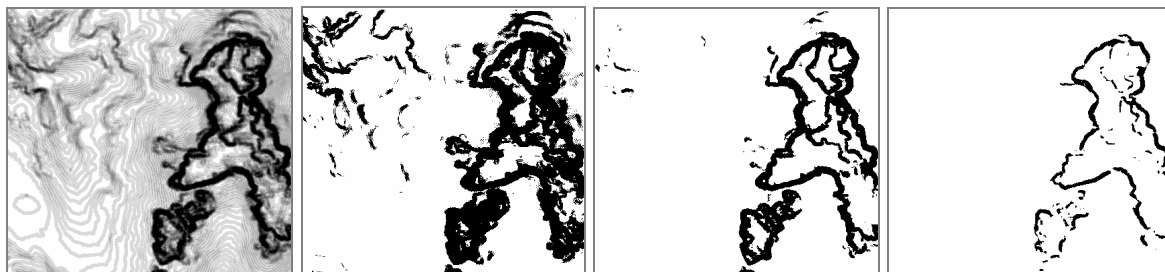


Obr. 68. Konturová reprezentace testovaného území.

Výřez z topografické mapy v originále v měřítku 1 : 10 000.

Mapa vlevo: Landessvermessungsamt Sachsen. Zdroj: Geoportal Sachsen, 2008.

Aplikace metody slévání vrstevnic pro testovací území je na obr. 69 a obr. 70. Zvolený základní interval vrstevnic byl s ohledem na efektivitu výpočtu 2 m. V sérii je vždy nejprve zobrazen výsledný rastr, přičemž větší počet překrývajících se polygonů znamená tmavší barvu. Dále jsou zobrazeny výsledky prahování tohoto obrazu, tj. obraz je převeden na černobílý tak, že hodnoty vyšší než jistá mez jsou zobrazeny černě a nižší než mez bíle. Výsledné rastry jsou uloženy také na CD v adresáři kontury_vrstevnice jako soubory *result_2m.img* a *result_5m.img*. Ve stejném adresáři je dále uložen skript *notes.m* v jazyce Matlab, který slouží pro částečnou automatizaci postupu práce v ArcGIS a z nějž jsou patrné implementační detaily výpočtu překrytí bufferů.

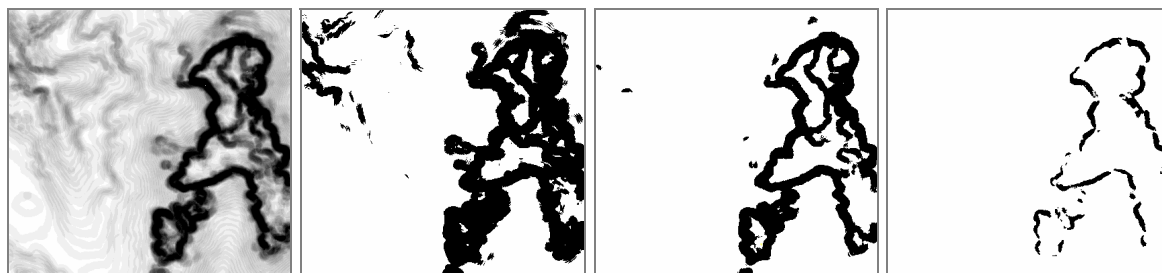


Obr. 69. Výsledek metody slévání vrstevnic pro velikost bufferu 2 m.

Tato velikost okna odpovídá měřítku 1 : 4000 při maximální tloušťce kontury 1 mm.

Zcela vlevo rastr vzniklý součtem bufferů, dále prahovaný obrázek pro hodnoty 5 m, 10 m a 20 m.

DMT použitý pro výpočet: data GeNeSiS. Zdroj: datový podklad Správy NPČS.



Obr. 70. Výsledek metody slévání vrstevnic pro velikost bufferu 5 m. Tato velikost okna odpovídá měřítku 1 : 10 000 při maximální tloušťce kontury 1 mm. Zcela vlevo rastr vzniklý součtem bufferů, dále prahovaný obrázek pro hodnoty 10 m, 20 m a 40 m. DMT použitý pro výpočet: data GeNeSiS. Zdroj: datový podklad Správy NPČS.

5.3.2 Metoda s využitím konvoluce

Tato metoda vychází z algoritmů používaných v digitálním zpracování obrazu. Podstatou konvoluce je okénko (maska) pohybující se nad DMT, nad níž se pak provádí výpočet. Základní idea metody je ilustrována na obr. 71. Velikost masky se určí z požadovaného měřítka mapy a maximální dovolené tloušťky kontury. Tato tloušťka určuje toleranci, s jakou se může lišit horní a dolní okraj stěny skalního útvaru, aby v mapové reprezentaci byla ještě zachycena konturou. Požadovaná velikost masky S se určí ze vztahu

$$S = \frac{M \cdot t}{D},$$

kde M je měřítkové číslo výsledné mapy, t tloušťka kontury a D velikost pixelu DMT. Hodnota S se z důvodů požadavku na symetrii masky zaokrouhluje na nejbližší nižší liché číslo.



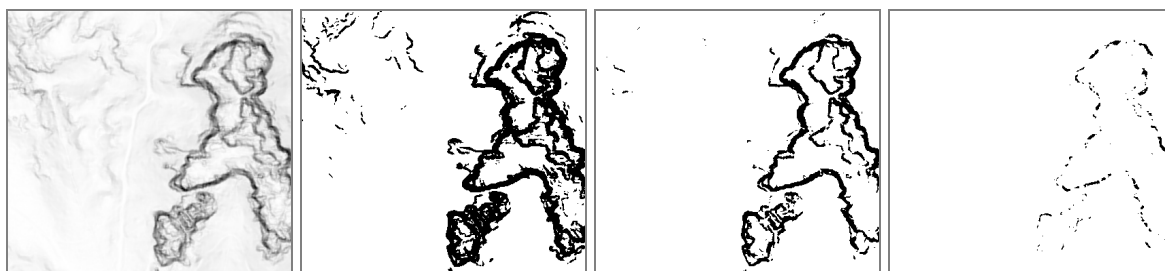
Obr. 71. Vysvětlení k detekci kontur s využitím konvoluce.

Nad každou polohou masky nad digitálním modelem terénu spočítáme rozdíl maximální a minimální hodnoty pod maskou a výsledek uložíme do výstupního obrazu. Jde tedy o jednoduchý vysokofrekvenční filtr. Na rozdíl od standardních hranových filtrů ale s výhodou využijeme uložených výškových rozdílů a následně provedeme klasifikaci, resp. prahování výstupního obrazu, tak abychom rozlišili jednotlivé kategorie kontur. Výsledný rastr je nutné zvektorizovat, v ideálním případě pomocí středů čar a případně opravit či zgeneralizovat nespojitosti vzniklé prahováním. Je-li jako mez prahování zvolena výška h , dostaneme obraz, který má nenulovou hodnotu tam, kde je místo v terénu reprezentovatelné konturou tloušťky nejvýše t .

Pokud výsledné artefakty nemají převládající charakter linií a mají tendence vytvářet spíše plochy, je nutné zmenšit velikost okna či upravit meze použité pro prahování (zvýšit minimální požadovanou relativní výšku). Při příliš velké masce totiž dojde k počítání rozdílů přes příliš velkou plochu, kontura se „rozmaže“ a její průběh je nezřetelný. V případě, že se ve výsledku

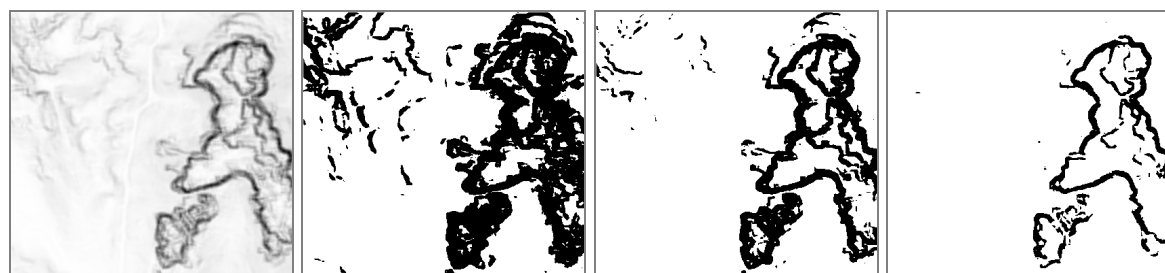
neobjeví žádné artefakty, je nutné naopak velikost okna zvětšit a rovněž snížit relativní výšku. Přesné nastavení hodnot těchto parametrů závisí na charakteru zachycované lokality.

Metoda otestována na stejném DMT jako metoda popsaná v předchozí kapitole. Skript pro testování byl vytvořen v jazyce Matlab a je uložen na CD přiloženém k práci v adresáři kontury_konvoluce jako soubor main.m. Data DMT byla do prostředí Matlab převedena exportem z ArcGIS pomocí funkce *Raster to ASCII*. Konkrétní ukázky ilustrující vliv parametru jsou na obr. 72, obr. 73 a obr. 74. Výsledné rastry jsou rovněž na CD přiloženém k práci v adresáři kontury_konvoluce jako soubory result_w3.png, result_w5.png a result_w9.png.



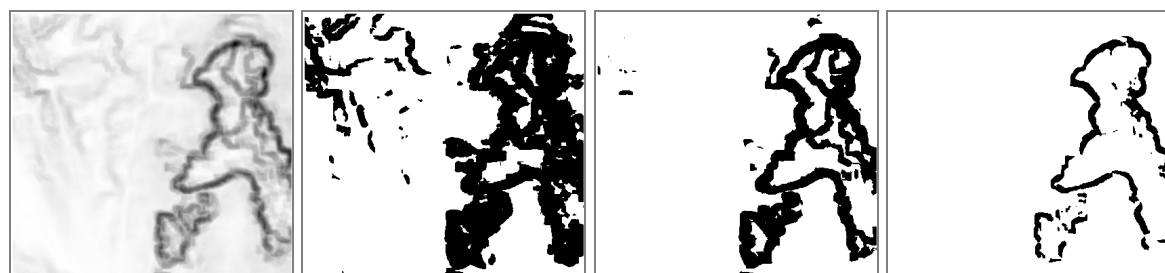
Obr. 72. Výsledek metody konvoluce pro velikost okna 3.

Tato velikost okna odpovídá měřítku 1 : 3000 při maximální tloušťce kontury 1 mm.
Zcela vlevo model terénu po aplikaci filtru, dále prahovaný obrázek pro hodnoty 5 m, 10 m a 20 m.
DMT použitý pro výpočet: data GeNeSiS. Zdroj: datový podklad Správy NPČS.



Obr. 73. Výsledek metody konvoluce pro velikost okna 5.

Tato velikost okna odpovídá měřítku 1 : 5000 při maximální tloušťce kontury 1 mm.
Zcela vlevo model terénu po aplikaci filtru, dále prahovaný obrázek pro hodnoty 5 m, 10 m a 20 m.
DMT použitý pro výpočet: data GeNeSiS. Zdroj: datový podklad Správy NPČS.



Obr. 74. Výsledek metody konvoluce pro velikost okna 9.

Tato velikost okna odpovídá měřítku 1 : 10 000 při maximální tloušťce kontury 1 mm.
Zcela vlevo model terénu po aplikaci filtru, dále prahovaný obrázek pro hodnoty 10 m, 20 m a 40 m.
DMT použitý pro výpočet: data GeNeSiS. Zdroj: datový podklad Správy NPČS.

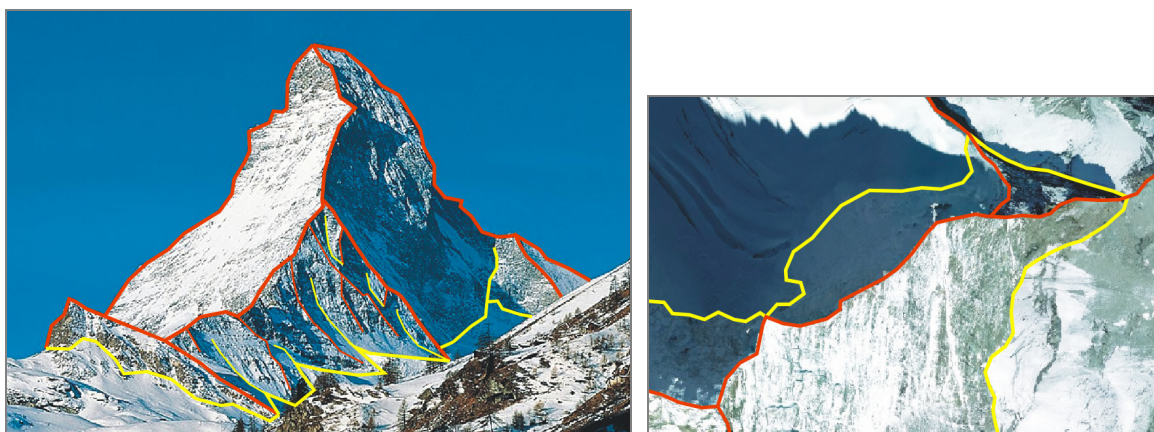
Máme-li obě popsané metody hodnotit, můžeme konstatovat, že se jejich výsledky nijak zásadněji neliší a poměrně dobře odpovídají výše zmíněným teoretickým úvahám o počtu kontur a jejich přerušování stěnami, které nejsou vzhledem k měřítku tak příkré. Z výsledného obrazu u obou metod je poměrně dobře patrný průběh kontur a lze je bez větších problémů ručně zvektORIZOVAT a na základě hodnot v obraze jim přiřadit atributy. Ovšem zdaleka ne všechny obrazy vzniklé prahováním jsou vhodné pro vektorizaci automatickou. Jednoduché není ani pro zadaný terén a měřítko určit práh tak, aby kontury vystihovaly terén zdařile. Postup, který se nabízí, je začít

s vysokými hodnotami prahu; v okamžiku, kdy se objeví první dostatečně charakteristické kontury (např. pro obr. 72 s prahem 10 m) a provést jejich (polo)automatickou vektorizaci. Dalším snižováním prahu začnou přibývat další kontury (např. obr. 72 s prahem 5 m), které lze zpracovat ručně. Automatické odstranění všech hodnot vyšších než je mez, při níž došlo k vektorizaci (v uvedeném případě by se tedy ponechaly ve výsledném obraze jen hodnoty mezi 5 a 10 m) by vedlo k falešnému „zdvojení“ kontur. Při slévání vrstevnic i při aplikaci filtru dochází totiž k „rozmazání“ hran, tj. propagaci výškového rozdílu mimo stěnu do vzdálenosti dané velikostí okna. Tento jev je ostatně patrný ze všech sérií obrázků s výsledky a projevuje se zvětšováním tloušťky kontury při snižování prahu.

Srovnáme-li výsledek s topografickou mapou na obr. 68, je patrné že výsledek dopadá v neprospěch tohoto automatického zpracování. Problémy jsou zejména v SZ části území, kde jsou značně menší lokální výškové rozdíly. Rovněž detailní rozčlenění skalního útvaru zabírajícího východní část výřezu není ideální. Mapa zde však zachycuje takové detaily, které model terénu nepostihuje. Možným způsobům doplnění těchto informací jsou věnovány následující kapitoly.

5.4 Detekce terénních hran nezachytitelných konturami

Ne každý skalní terén lze ovšem vhodně zachytit pomocí kontur. Obzvláště ve velehorách a ve skalách zahloubených říčních údolích nebývají kolmé a převléslé stěny převládajícím typem reliéfu. Při velkém měřítku mapy se tato potíž objeví i v terénech obecně pro konturovou metodu vhodných, tj. na pískovcích a osamělých skalních výchozech. Z tohoto důvodu potřebujeme výrazové prostředky pro zachycení stěn, které nemají vzhledem k měřítku zanedbatelný půdorys.



Obr. 75. K vysvětlení terénních hran a stěn.

Vlevo pohled na horu Matterhorn od SZ, vpravo ortofoto téhož území.

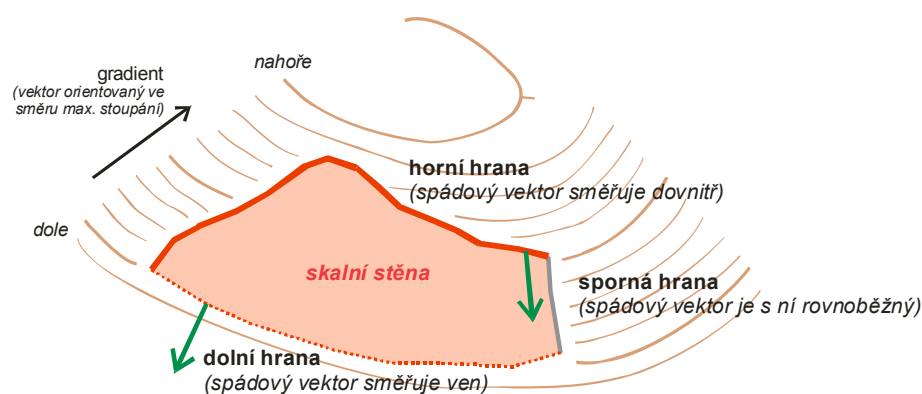
Červeně jsou vyznačeny pozitivní, resp. horní hrany, žlutě negativní, resp. dolní hrany. Na přivrácené stěně na obrázku vlevo jsou též naznačeny méně významné hrany v rámci stěny.

Zdroj: ecuma.com (foto vlevo) a Swistopo, 2008 (ortofoto vpravo).

Nejprve podrobněji vysvětlíme, co rozumíme pod pojmem skalní stěna, resp. plocha skalního polyedru. Jak bylo zmíněno v kapitole 2.1.2, skutečný skalní povrch je příliš nepravidelný na to, aby bylo možné jej v měřítku mapy detailně znázornit. Tento povrch proto aproximuje pomocí omezeného množství ploch (ne nutně rovin), oddělených od sebe navzájem terénními hranami. Míra kvality aproximace povrchu skal úzce souvisí s měřítkem mapy. Čím má být mapa podrobnější, tím detailněji je nutné zachytit jednotlivé plochy. Jednotlivé skalní stěny jsou od sebe odděleny terénními hranami. Tyto hrany se obvykle dělí na pozitivní (zejména hřbetnice) a negativní (zejména údolnice, erozní rýhy a strže). Negativní linie bývají spojitě, kdežto pozitivní nepravidelné. Bližší informace o klasifikaci terénních hran podává Čapek (1973, s. 26), viz též obr. 75. V terénu je tedy nutné najít podstatné rysy, které lze v měřítku mapy zachytit. Zde je jistá

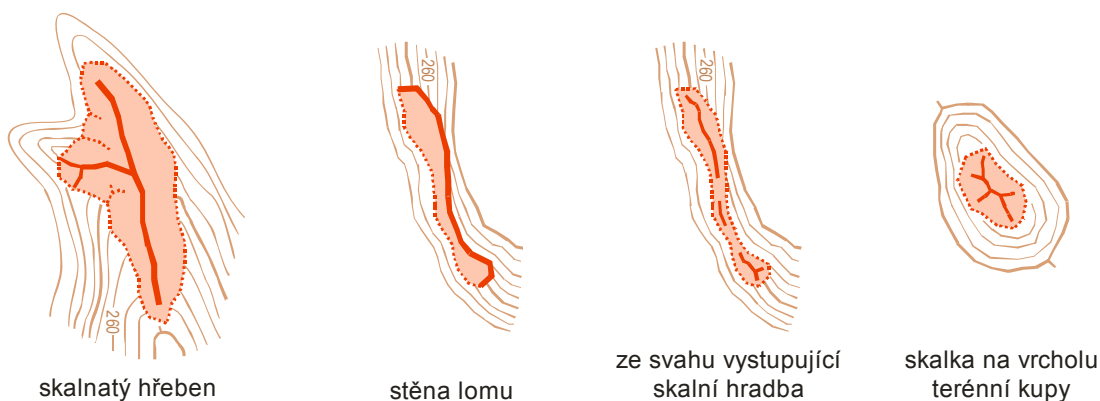
styčná plocha s klasickým způsobem znázorňování skal, kdy hledání kostry skalního terénu je základem většiny metod, jak bylo zmíněno v kapitole 2.

Dále vysvětlíme, jak zachytit jednotlivou stěnu, resp. plochu skalního polyedru. Není-li její půdorys vzhledem k měřítku mapy zanedbatelný, bude jejím půdorysem polygon. Pokud není skalní plocha úplně vodorovná, můžeme u ní vždy označit horní a dolní část. Příslušnou část půdorysu budeme nazývat horní a dolní hrana, viz obr. 76. Situace je podobná jako při popisu metody vertikálních linií. Za horní hranu můžeme označit vždy tu část půdorysného polygonu, kde je vektor opačný ke gradientu skalního terénu (dále jen spádový vektor) orientován směrem dovnitř půdorysného polygonu a za dolní hranu tu, kde je vektor opačný ke gradientu orientován směrem ven. Lze si to představit tak, že pokud v každém bodě půdorysného polygonu namalujeme šipku určující směr největšího spádu, za horní hranu prohlásíme ty body, kde šipka směřuje dovnitř půdorysu stěny a za dolní hranu tu, kde šipka směřuje ven. Populárnější vysvětlení je následující: představme si, že stojíme na hranici půdorysného polygonu čelem dovnitř a uděláme krok vpřed. Půjdeme-li při tomto kroku směrem dolů, jedná se o horní hranu, půjdeme-li směrem nahoru, jedná se o hranu dolní.



Obr. 76. K vysvětlení horní a dolní hrany.

Gradient může být teoreticky rovnoběžný s hranicí polygonu (tj. šipka ve směru největšího spádu leží přesně na hranici, resp. při kroku směrem dovnitř polygonu zůstaneme ve stejné výšce). Taková hrana pak není ani horní, ani dolní (na obr. 76 jako sporná hrana). V praxi tato situace nastane v případě, že neskální terén přechází ve skalní bez náhlé výškové změny. Pro názornější vysvětlení jsou ukázky některých charakteristických typů skalního terénu i s jejich reprezentací zachyceny na obr. 77.



Obr. 77. Příklady reprezentace některých typických skalních terénních tvarů. Symbolika pro horní a dolní hranu je stejná jako na obr. 76. Šířka linie určuje významnost hrany.

V ideálním případě je výsledkem této fáze množina linií, které nesou příznak o tom, zda jsou horní (obvykle pozitivní) či dolní (obvykle negativní) hranou. Tyto linie tvoří hranici polygonu, který představuje půdorysný průmět jedné stěny, resp. plochy skalního polyedru. Z hlediska další použitelnosti dat je vhodné (ale nikoliv nutné), aby z linií bylo možné zrekonstruovat polygony. Znamená to při tvorbě těchto linií dodržovat topologická pravidla, speciálně to, že linie se smějí dotýkat a křížit pouze ve svých krajních bodech. Pokud je nějaká linie (terénní hrana) horní hranou pro jiný polygon a zároveň dolní hranou pro jiný polygon, je vhodné ji přidat do reprezentace dvakrát. V případě, že bychom chtěli mít data použitelná pro účely generalizace, je vhodné přidat též atribut určující významnost hrany. Ta může odpovídat například maximální výšce dané skalní stěny. Vzhledem k fraktálnímu charakteru skalních útvarů je třeba s přihlédnutím k měřítku konstruované mapy omezit podrobnost zachycení hran tvořících stěnu. Každá stěna se totiž opět skládá z dílčích stěn, na něž lze aplikovat tentýž postup. Pro reprezentativní zachycení skalního terénu je třeba dobře vybrat jeho charakteristické rysy.

Vysvětlíme ještě, jak tyto lze tyto hrany hledat. Jedním z možných zdrojů jsou klasické topografické mapy. V případě zdařile zkonstruovaných šraf a na základě okolních vrstevnic lze totiž při vektorizaci usoudit, která hrana je horní a která dolní. Je škoda, že při tvorbě ZABAGED ani při tvorbě podkladů pro SVM 50 tento fakt nebyl vzat v potaz. V ZABAGED jsou v jistých případech nerozlišitelné vhloubené a vypuklé typy terénu (stěna lomu a ze svahu vystupující skalní hradba na obr. 77), které by klasifikované hrany půdorysného polygonu dokázaly rozlišit. SVM 50 zase zachycuje pouze to, co v textu nazýváme horní hranou a nelze si tak udělat představu o rozsahu skalního terénu. Výše popsaný způsob zahrnuje výhody obou přístupů (tj. zachycuje rozsah i vnitřní členění skalního terénu) a při topologicky korektní vektorizaci výsledná data též představují dobrý podklad pro konstrukci tradičních šraf. Ukázka vektorizace topografické mapy popsaným způsobem z velehorského terénu je na obr. 78. Za povšimnutí stojí, že pokud se dolní hrana horní hrany přímo nedotýká, je polygon vytvořen tak, že jeho hranice kopíruje změnu v kartografické reprezentaci, tj. v uvedeném případě jde po rozmezí mezi osvětlenou a zastíněnou částí skalního útvaru.

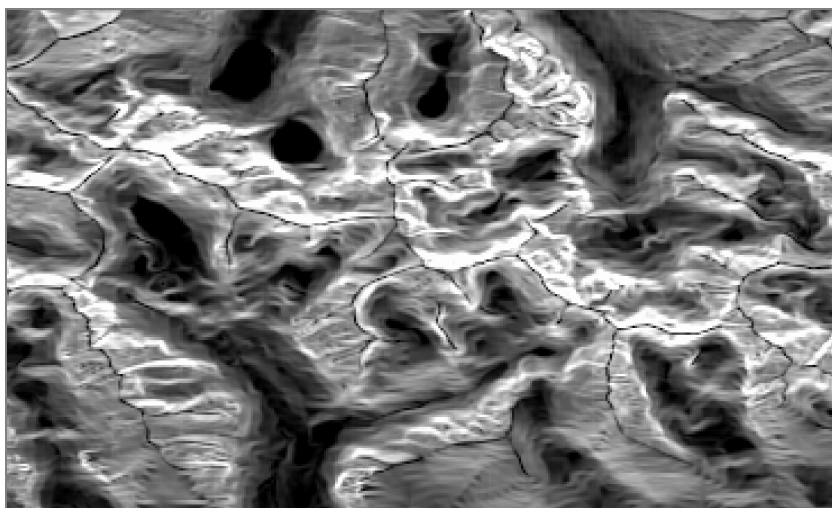


Obr. 78. Terénní hrany v reálném terénu.

Vlevo ukázka výsledné reprezentace v soutisku se ZM 10, vpravo jednotlivé polygony.

Zdroj: Geoportál (podkladová mapa vlevo)

Jinou možnost hledání terénních hran představuje podrobný digitální model terénu. Pro účely této práce se nepodařilo autorovi sehnat dostatečně podrobný digitální model terénu z velehorské oblasti, který by byl pro ilustraci postupů vhodný. Použit byl pouze model odvozený z dat SRTM zpřesněný pomocí topografických map, podrobněji popsány v kapitole 3.1.4. Pro nalezení terénních hran v tomto případě postačuje jednoduchý vysokofrekvenční obrazový filtr (obr. 79).



Obr. 79. DMT části Vysokých Tater po aplikaci Sobelova filtru.

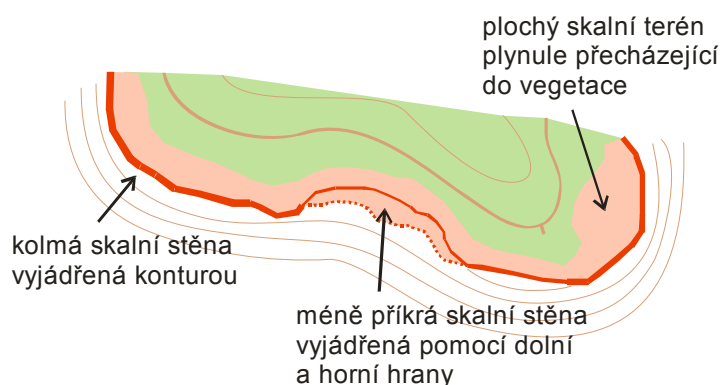
Kromě horských hřebenů vynikají též problémy DMT dané spojením dat SRTM a topografických map. Uprostřed výřezu Český štít a Vysoká, tj. území z ukázky na obr. 78.

Pro podrobnější digitální model by se nabízelo též použití speciálních filtrů, které by pro daný pixel DMT spočítaly, jak moc se místo liší od ideálního vrcholu a ideální prohlubně. Různá velikost těchto filtrů by pak určovala význam terénní hrany. Jednoduchá idea takového filtru je na obr. 80. Na DMT přikládáme okno velikosti n . Výsledná hodnota rastru na výstupu bude číslo mezi 0 a $2n(n-1)$. Toto číslo vyjadřuje počet splněných požadavků na vzájemnou velikost čísel v okně. Například pro ideální vrchol musí být pro daný pixel p hodnota ve všech (přes hranu) sousedních pixelech, které jsou blíže středu okna, ostře menší než v daném pixelu (viz obr. 80). Populárněji řečeno, je-li okno umístěno v ideálním vrcholu, musí hodnoty výšek směrem od středu klesat. Pro ideální prohlubeň je situace analogická, ale s převrácenými nerovnostmi. Hodnoty ve výsledném rastru s maximální hodnotou pak představují horní, resp. dolní hrany, s tím, že hodnota udává jejich významnost. Pro efektivní implementaci tohoto algoritmu by byl žádoucí předvýpočet, který každému prvku okna přiřadí vzdálenost od středu okna.



Obr. 80. Příklad filtru pro detekci ideálního vrcholu.

Zmíníme ještě vztah hran a stěn ke konturové reprezentaci. Na kontury můžeme nahlížet jako na speciální případ skalní plochy, s tím, že horní a dolní hrana v půdorysu splývají a konturovou a stěnovou reprezentaci vhodně kombinovat. Obecně přítomnost stěny omezené hranami mezi konturami znamená zmírnění sklonu skalního terénu (obr. 81). Kontury a hrany můžeme navíc použít pro zpřesnění půdorysu skalního útvaru, jak jsme zmiňovali v kapitole 5.2, protože v typickém případě budou tvořit hranice půdorysu právě tyto linie.



Obr. 81. Kombinace znázorňování stěn a kontur.
Ukázková situace typická pro okraje plošin na pískovcích.

V situaci, kdy pro skalní terén máme půdorys, kontury a hrany, případně stěny, lze začít vytvářet kartografickou reprezentaci. Dosud uvedená data jsou na výsledné kartografické reprezentaci skal nezávislá a představují v terénu reálně existující objekty. Nyní tedy přejdeme od prvků zachycujících generalizovanou terénní realitu k tvorbě prvků sloužících výhradně k účelům kartografickým.

5.5 Detekce dalších charakterizačních čar

Tato fáze postupu znázorňování skal je již závislá na tom, jaká má být výsledná podoba reprezentace skal. Výstupem z této fáze je množina linií, které ponesou atributy jednoduše použitelné pro vizualizaci. Pro účely této práce zvolíme jednoduchý postup a pak nastíníme další varianty, jak by bylo možno dospět ke složitější reprezentaci.

V předchozích krocích jsme zachytili skalní terén pomocí identifikace srázů a terénních hran. Ani tato reprezentace ovšem nemusí být dostačující, zejména při mimořádně velkém měřítku mapy a v situaci, kdy převládající rozměr skalního terénu není vertikální ale horizontální. S tím, jak klesá strmost skalních stěn, stále se zvětšuje půdorys horizontálního průmětu skalní stěny. V případě, že velikost tohoto půdorysu překročí únosnou mez (danou opět měřítkem mapy), je vhodné tato místa vyplnit něčím, co nese podrobnější informaci o rozčlenění terénu. Tato představa odpovídá Brandstätterově metodě kresby struktury (viz kapitolu 2.2.3). Možností je jistě celá řada, pro účely této práce si předvedeme dvě:

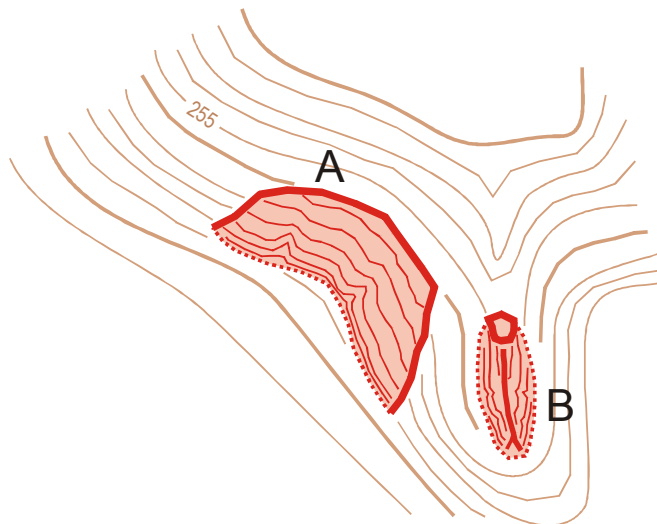
- charakterizace pomocí vrstevnic
- charakterizace pomocí detailů skalního terénu.

Vhodnost použití metod se liší podle charakteru skalního terénu. Obě metody si popíšeme podrobněji.

5.5.1 Charakterizace pomocí vrstevnic

Tato metoda je vhodná v situaci, kdy má skalní stěna výraznější sklon. V tomto případě budou hrát charakterizační čáry úlohu vrstevnic velmi podobným způsobem, jak bylo naznačeno v popisu konturové metody v kapitole 2.2.4. Konstrukce z digitálního modelu je v tomto případě poměrně jednoduchá. Zjistíme, jaký je nejvyšší a nejnižší bod stěny, jaká je její délka měřená po spádnicí na mapě a z toho určíme vhodný základní interval charakterizačních linií (tedy vrstevnic) tak, aby nedocházelo k jejich slévání. Uvedená metoda je celkem názorná: je-li rozestup vrstevnic rovnoměrný, jde o rovnoměrně stoupající skalní plotnu, podle zhušťování či oddalování těchto čar můžeme usuzovat na místa s větším či menším sklonem. Například stěna A na obr. 82 je u úpatí

příkřejší než u vrcholu. Není nutné, aby vrstevnice vyjadřovala konkrétní hodnotu nadmořské výšky či aby interval korespondoval se základním intervalem vrstevnic mimo terén: cílem je podat dobrou lokální charakterizaci dané skalní stěny. Pro tuto charakterizaci je mnohem podstatnější, aby byl průběh vrstevnice co nejméně generalizován (hřeben B na obr. 82), samozřejmě s ohledem na měřítko výsledné mapy a charakter skalního terénu.



Obr. 82. Charakterizace pomocí vrstevnic.

Umělý příklad. Skalní útvar A zachycuje skalní stěnu, B skalnatý hřeben začínající na horním okraji věžičkou.

Při vytváření charakterizačních čar pro konkrétní stěnu je důležitý vliv stěn okolních, resp. měla by být zajištěna jistá provázanost těchto charakterizačních čar. Lze tak například usoudit, že stěny skalního hřebene B na obr. 82 jsou po celé délce hřebene přibližně stejně strmé jako stěna A v dolní části. Proto je vhodnější nejprve vytvořit skupinu sousedních polygonů, které budou takto charakterizovány a tvorbu provést nad jejich sjednocením a pak výslednou reprezentaci upravit například tak, aby neprotínala hrany skalního polyedru.

Výsledek metody by při vhodně zvoleném intervalu vrstevnic mohl připomínat horizontální šrafy používané v klasické kartografii. Alternativně bychom mohli postupovat tak, že celou plochu skalní stěny vyplníme horizontálami tak, aby od sebe byly rovnoměrně vzdálené. Z popisu švýcarské metody ovšem víme, že jednotlivé šrafy nemají žádnou určitou výškovou polohu a nemusí být dokonce ani přesně vodorovné, protože jejich účelem je sledovat plochy tak, aby je dobře vyjádřily.

5.5.2 Charakterizace pomocí detailů skalního terénu

Metoda popsaná v předchozí sekci ovšem neponese žádnou informaci v téměř rovném terénu, kterým jsou například vrcholové části plošin pískovcových skalních měst. Zde lze do jisté míry využít fraktální vlastnosti skal a dosud popsaný postup pro znázornění skalního terénu rekurzivně opakovat pro danou skalní plochu. V praxi je vhodné použít zejména puklin, případně drobných terénních hran, které nemají význam z hlediska skalního polyedru, ale rozčleňují skalní plochy na jednotlivé mikroplochy, oddělené malými srázy či rozčleněné mikroorografickými liniemi. Tyto informace pravděpodobně nebudou patrné ani z velmi podrobného digitálního modelu terénu, ale v případě, že nejsou skály zakryté vegetací, mohou být speciálně na pískovcích dobře patrné z ortofot. V případě, že je skalní stěna v rámci přesnosti digitálního modelu terénu vodorovná a ani z ortofot není patrné žádné její rozčlenění, znamená to, že se jedná o schůdný skalní terén. Takováto plocha však bude rozsáhlejší jen velmi výjimečně.



Obr. 83. Ukázka charakterizace pomocí detailů skalního terénu.

Detaily skalního terénu pomocí puklin v kombinaci s konturovou reprezentací. Z výsledku vyniká kvádrová odlučnost pískovců. Severní část lokality Skalní ostrov v Teplických skalách.

Foto: L. Jenka. Zdroj: shora.cz

Uvedenou charakterizaci lze pochopitelně vhodně zkombinovat s charakterizací pomocí vrstevnic. Platí zásada, že objektivní terénní hrany mají přednost před vrstevnicemi. Je-li skloněná skalní stěna nějak členěná, zachytíme nejprve tuto členitost a pak charakteristiku doplníme vrstevnicemi, s tím, že by se vrstevnice této charakteristiky neměly dotýkat. Je ale otázka, zda jsme neměli takovou členitost zahrnout jako terénní hranu oddělující jednotlivé plochy skalního polyedru.

5.5.3 Zobecnění směřující k napodobení klasických metod

Cílem této podkapitoly je ukázat na obecnost popsaného postupu sběru informací o skalním terénu: výměnou jedné fáze můžeme dostat z týchž obecných a znovupoužitelných dat zcela jinou kartografickou reprezentaci. Hledání charakterizačních čar můžeme tedy chápat jako postup závislý na výsledné metodě, jehož výstupem je množina linií s atributy, které jsou přímo použitelné pro jejich vizualizaci (například šířka). Již jsme zmínili, že charakterizační čáry použité pro účely této práce představují velmi jednoduchý způsob, tudíž žádné atributy nemají.

V kapitole 4.10.2 byly popsány experimentální algoritmy snažící se napodobit švýcarskou metodu. Zmíníme proto alespoň stručně souvislosti mezi metodikou navrženou v této práci a jejím možným použitím ve zmíněných algoritmech. Hurniho algoritmus na tvorbu *ridge-line* reprezentace by pracoval s jednotlivými polygony tak, že by využil informaci o horní a dolní hraně. Dahindenův algoritmus by pracoval s půdorysnými polygony a vyplňoval by je šrafováním. Postup není samozřejmě tak přímočarý, protože by vyžadoval určité předzpracování polygonů (např. Hurniho metoda požaduje stejný počet vrcholů na horní a dolní hraně, Dahindenův algoritmus zase informaci o orientaci stěny kvůli stínování).

Popsaná reprezentace rovněž představuje dobrý výchozí podklad pro tvorbu žebříčkové manýry či reprezentace, která je používána na NZM 10, aniž by byla potřeba další informace. Element manýry vychází z horní hrany, kde je umístěna hlava, směřuje po spádnicí a končí na další hraně. Praktická implementace by ovšem znamenala nutnost řešit některé speciální situace, popisované v kapitole 4.5 (například řešení situace, kdy se délka horní a dolní hrany výrazně liší). Kontury by mohly být na reprezentaci převedeny přímo ve stylu horizontálních linií (viz kapitolu 4.6).

5.6 Finální úpravy reprezentace

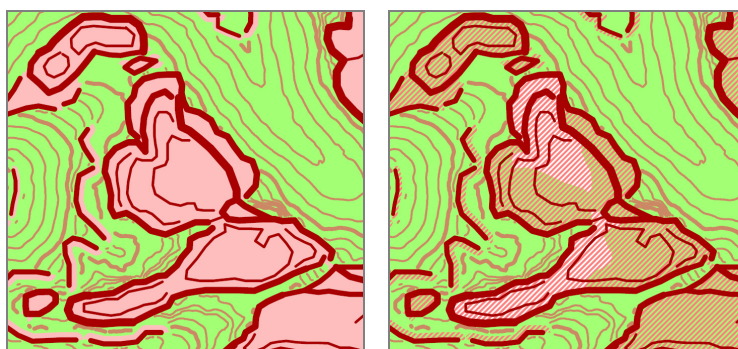
V této fázi vytvoříme finální reprezentaci skalních útvarů, tj. využijeme výstupů ze všech předchozích fází a poskládáme z nich výslednou podobu, která bude zobrazena na mapě. Stejně jako předchozí je i tato fáze závislá na tom, jak má výsledná reprezentace skal na mapě vypadat.

Speciálně pak závisí na výsledcích předchozí fáze algoritmu, tj. vytvořených charakterizačních čárách. Pro účely této práce byla zvolena tato konkrétní podoba vizualizace:

- hrubý polygon: nebude zobrazen
- podrobný polygon: bez obrysu, vyplněn bleděružovou
- kontury: červenohnědá, tloušťka čáry se mění v závislosti na výšce stěny
- horní hrana: stejná barva jako kontury, o něco tenčí než nejtenčí kontura
- dolní hrana: stejná barva jako kontury, tečkovaně nebo čárkovaně
- charakterizační čáry: stejná barva jako kontury, ještě tenčí než horní hrana
- vrstevnice: pouze mimo skalní terén, světle hnědé

Data prezentovaná výše popsaným způsobem jsou již v předchozích kapitolách. V případě dostupného digitálního modelu i ve skalním terénu lze zvážit přidání stínování. To lze zařídit například tak, že se stínovaný model umístí pod všechny vrstvy a podrobný polygon se udělá průhledný. Stínování ve skalním terénu má pak odlišnou barvu a díky tomu skály stále z mapy nápadně vystupují, což koresponduje s jejich důležitostí v terénu.

Jistý problém představuje interakce skal a vegetace, která je v podmínkách ČR poměrně zásadní. Pokud je totiž půdorys skalního útvaru vybarven, není již možné tam informaci o přítomnosti, resp. nepřítomnosti vegetace přidat. Možné řešení je naznačeno na obr. 84. Jde o to, že půdorys skalního útvaru nevyplníme plošně barvou, ale šrafami. Mezi těmito šrafami pak zbude místo, kde může prosvítat podklad, tj. v tomto případě vegetace. Hustotou šraf lze regulovat míru zachování výraznosti skal (v tom případě by měly být šrafy hustší), resp. míru nápadnosti míst, kde vegetace není na skalním terénu přítomna (v tom případě by měly být šrafy řidší). Čím jsou šrafy řidší, tím by měla pro zachování stejné nápadnosti skal jejich barva tmavší. Použití šraf může způsobit problémy s tiskem, zejména při rasterizaci. V minulosti se z těchto důvodů šrafy používaly méně, současné tiskové stroje si s nimi vzhledem k jejich rozlišení již poradí (Friedmannová, 2000). Jiné řešení by bylo pomocí průhlednosti vrstev, tj. ve výsledku by se lišil barevný odstín skal s vegetací a bez vegetace. Je ovšem obtížné najít takovou kombinaci barev, aby byl výsledek názorný (vegetace by měla být zelená, skála hnědá, či červenohnědá).



Obr. 84. Interakce vegetace a skalních útvarů.

Je-li půdorys skalního útvaru vyplněn barvou (vlevo), nelze přidat informaci o přítomnosti vegetace. Vyplníme-li půdorys pomocí šraf, bude přítomnost vegetace ve skalách patrná a skalní útvary přitom zůstanou v mapě nápadné.

Pro ověření použitelnosti navržené metodiky byla uvedeným postupem zpracována výškopisná mapa v měřítku 1 : 5000 zachycující okolí Pravčické brány v oblasti Českosaského Švýcarska. Výsledná mapa je v příloze a též na CD v adresáři pb_mapa jednak jako soubor pro tisk pb_mapa.pdf, jednak jako mapový projekt ArcGIS pb_mapa.mxd i s vybranými daty. Mapa úmyslně obsahuje chyby, na nichž budeme ilustrovat úskalí použité metodiky. Podkladem pro tuto

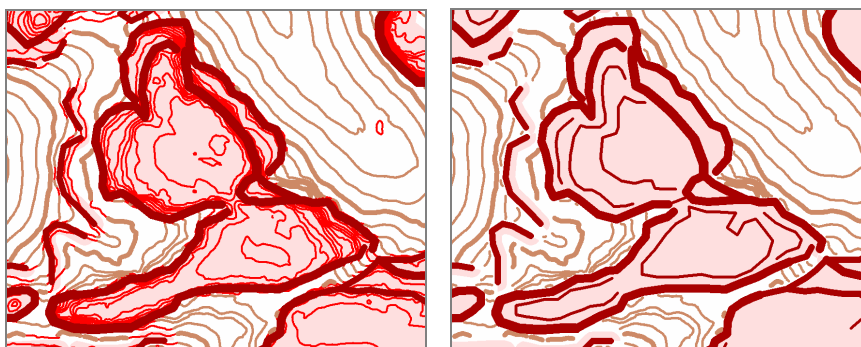
mapu byl DMT vytvořený z dat ALS popsaný v kapitole 3.1.5 a ortofota. Vhodným krokem je dopočítání stínovaného digitálního modelu terénu (v ArcGIS pomocí funkce *Hillshade*). Tato funkce nebyla využita, protože stínovaný model byl dodán společně s daty. Ze stínovaného modelu je totiž velmi dobře patrný průběh jednotlivých hran a stěn a výrazně pomáhá při vymezení obrysu skalního terénu. Dále byl z DMT odvozen pomocí konvoluce s oknem velikosti 7 (viz kapitolu 5.3.2) průběh a relativní výška kontur. Tento obraz byl klasifikován do 6 tříd podle relativních výšek. Následně proběhla vektorizace a atributování kontur. Vektorizace byla prováděna ručně nad obrazem, který vznikl překrytím klasifikovaného konturového obrazu a stínovaného modelu terénu. Ze stínovaného modelu terénu lze totiž poznat přesněji průběh kontur, na základě klasifikovaného obrazu lze snadno doplnit atributy. Použití stínovaného modelu je vhodné zejména v tom případě, kdy zamýšlíme ve výsledné mapě použít stínování, aby průběh kontur se stínovaným modelem přesně korespondoval. Jinak je polohová chyba vzniklá vektorizací z obrazu po konvoluci zanedbatelná. Při vektorizaci je třeba věnovat pozornost některým problematickým pasážím, kde nemají kontury zřejmý průběh (například dvě stěny těsně nad sebou oddělené úzkou terasou apod.), v těchto případech většinou pomůže stínovaný model terénu či vrstevnice. Na průběh stěn lze též orientačně usuzovat z ortofot, vyčnívají-li skály z vegetace. Je potřeba dávat pozor na dotahování dvou kontur k sobě či ponechávání mezer mezi nimi, protože toto (ne)dotahování obvykle představuje zásadní informaci z hlediska průchodnosti terénu. Kontury byly vektorizovány vždy tak, aby terén po jejich pravé straně byl ten výše položený, což bylo v další fázi využito.

Jistý problém představovalo vymezení půdorysů skalních útvarů. Problém byl již zmíněn v kapitole 5.2 a je pro plošiny pískovcových skalních měst typický. Na hranice skalního terénu bylo usuzováno na základě stínovaného DMT s tím, že terén by měl navazovat nahoře na kontury a končit tam, kde model terénu není členitý, tj. skály přecházejí do hlinitých terénů. Tento přechod je v dané oblasti pozvolný, neskální terén přechází ve vodorovnou a posléze skloněnou plotnu, která se postupně láme do skalní stěny (obr. 85). Proto se vzhledem k měřítku mapy nikde neobjevují dolní a horní hrany ve smyslu popsané metodiky. Půdorys skalního terénu je tedy buď ohraničen konturami a nebo spornou hranou. Vymezení terénu představuje asi nejméně přesnou součást mapy a je místy dost diskutabilní. Pro zvýraznění kontur byl skalní terén dále uměle doplněn všem konturám pomocí funkce *buffer* s nesymetrickým parametrem. V případě skalních srázů přítomnost úzkého pruhu skalního terénu nad nimi zvyšuje názornost a obvykle se dobře shoduje s realitou.



Obr. 85. Na horním okraji pískovcové plošiny východně od Pravčické brány. Místo se nachází těsně za východním okrajem ukázkové mapy.
Foto: archiv autora.

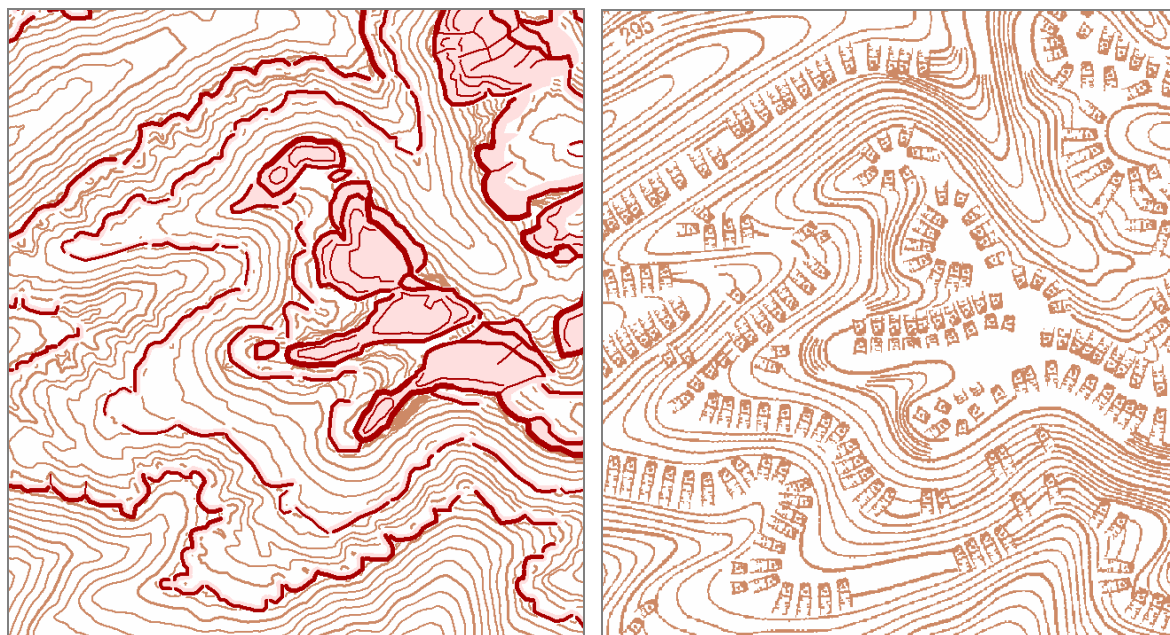
Výsledná kresba byla ještě doplněna charakterizačními čarami, které mají za úkol naznačit rozčlenění terénu. Byly otestovány oba možné přístupy, tj. jak pomocí struktury skalního terénu, tak pomocí vrstevnic. Vzhledem k měřítku mapy se ukázala jako výstižnější charakterizace pomocí vrstevnic. Struktura skalního terénu je totiž až na výjimky pro toto měřítko příliš jemná, tj. skalní trhliny jsou vzhledem k měřítku mapy zanedbatelné. Při charakterizaci pomocí vrstevnic je potřeba vrstevnice poněkud generalizovat, protože jinak by byl výsledný obraz vzhledem k podrobnosti DMT příliš roztříštěný (obr. 86).



Obr. 86. Generalizace vrstevnic pro tvorbu charakterizačních čar. Vlevo skalní útvar s červenými vrstevnicemi po 5 m, vpravo výsledná kresba.

Po tvorbě všech výše popsaných prvků byl nakonec vytvořen buffer okolo kontur a půdorysů skalních útvarů, který byl pomocí funkce ArcGIS *Symmetrical Difference* odečten od vymezeného zájmového území. Tím byla vymezena oblast, v níž budou vrstevnice. Z DMT byly funkcí *Contour* vygenerovány vrstevnice s intervalem 5 m (stejným jako na NZM 10), které byly oříznuty pouze na vymezenou oblast. Výsledná kresba vrstevnic má několik problémů. Jeden z nich vyplývá z toho, že ArcGIS vytváří tzv. *engineering-quality* vrstevnice. Ty se mohou v jistých případech dotýkat, zdánlivě křížit či rozdvajovat. Proto je nutná jejich následná kartografická úprava, která vede ke zlepšení jejich estetiky. Ta nebyla provedena. Druhým problémem je fragmentace vrstevnic v místech, kde zůstaly mezi skalním terénem jen úzké pruhy a okolo kontur. Tento problém byl částečně odstraněn vymazáním těch částí vrstevnic, které byly kratší než 30 m. To rovněž eliminovalo plošně malé vyvýšeniny o rozloze několika metrů (patrně např. na obr. 86 vlevo), které zbytečně tříští výsledný vrstevnicový obraz. Za zmínku stojí, že na mapě nikde nedochází ke slévání vrstevnic: tedy až na tři místa, kde kontury nejsou a být by měly. Vrstevnice tak slouží jako kontrola vytvořené reprezentace.

V mapě není polohopis ani popis, protože je to pro účely této práce nepodstatné a pouze by to odvádělo pozornost od znázornění výškopisu. Celkově dává mapa podstatně více informace o rozčlenění a průchodnosti skalního terénu než topografická mapa stejného území (obr. 87). Je to do značné míry dáno tím, že kontury jsou pro pískovcový skalní terén mnohem vhodnější než žebříčková manýra.



Obr. 87. Srovnání vlastní a topografické mapy.

Vlevo vlastní mapa, vpravo výškopis z NZM 10. Stejný základní interval vrstevnic, kresba skal dopadá jednoznačně ve prospěch navržené metody.

Mapa vpravo: ČÚZK. Zdroj: Portál veřejné správy ČR, 2008.

5.7 Hodnocení metodiky

Pokud bychom měli zařadit popsanou metodu do kontextu některé z tradičních metod, můžeme ji označit za kombinaci konturové reprezentace skalních útvarů a Brandstätterovy metody převedené do světa digitální kartografie. Z hlediska metod v praxi používaných v digitální kartografii se jedná o kombinaci půdorysných polygonů a polygonů a linií zachycujících hrany a stěny.

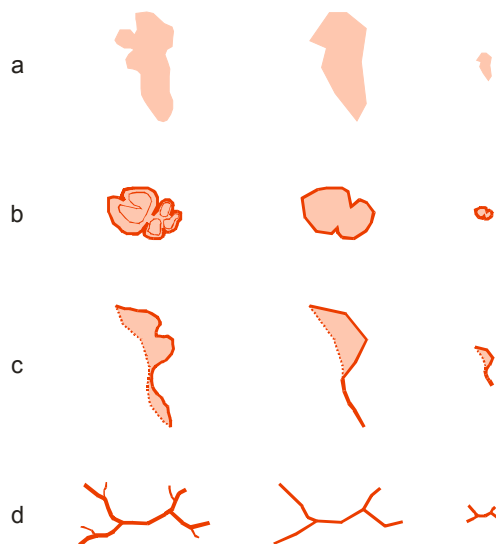
Dále je na místě zhodnotit popsanou metodiku z pohledu kritérií uvedených v kapitole 4.1. Z hlediska globální orientace v terénu je podstatné půdorysné vymezení skal. Skalní útvary díky podbarvení nápadně vystupují z mapy, míru této nápadnosti lze ovlivnit použitou barvou výplně. Vhodným doplňkem pro zvýšení plastického účinku může být stínování (to ostatně platí pro většinu metod). Účelem stínování je zdůraznit makrotvary reliéfu. Proto pro stínování, které by se mělo objevit ve výsledné mapě, není vhodný velmi podrobný digitální model terénu. Ten je žádoucí upravit tak, aby z něj zmizely mikrotvary příliš tříštící vnímání výsledného obrazu (lze docílit například snížením rozlišení modelu terénu). Tato problematika nebyla podrobněji řešena, protože se jí věnuje Kaňka (2005). Přidání stínování pro rozsáhlejší kartografická díla (jako je například Základní mapa ČR) má další problém: vede ke zvýšení datového objemu výsledného rastru. Na NZM 10 je použito celkem 9 barev, pro stínování bývá obvykle použito 256 stupňů šedi.

Z hlediska lokální orientace jsou podstatné kontury, hrany a stěny, díky kterým lze určit rozčlenění, průchodnost terénu a relativní výšku skal. To je asi hlavní předností popsané metodiky. Cenou zaplacenou za tuto výhodu je ovšem náročnost tvorby, která ale na druhou stranu nevyžaduje na rozdíl od tradičních kartografických metod ani mnoho praxe, ani zvláštní estetické cítění.

Co se týče jednotnosti reprezentace, tak s ní větší problém podobně jako u ostatních metod digitální kartografie není. Jisté potíže v tomto směru může představovat kresba charakterizačních detailů skalního terénu, ta se ale uplatní spíše při tvorbě map velkého měřítka.

Možnost automatizované tvorby reprezentace naproti tomu není zcela ideální. Pro alespoň částečnou úspěšnou automatizaci tvorby je potřeba podrobný digitální model terénu. Z něj lze

odvodit kontury a hrany včetně jejich atributů, potíží ale představuje následná vektorizace, která je poměrně pracná a jejíž automatizace je problematická. S trochou nadsázky lze zpracování skal touto metodou přirovnat k vektorizaci intravilánu, s tím, že v současných běžně dostupných datech je v současné době jen jeho obvod a čeká se na dodání detailů skalního terénu. Na druhou stranu porovnáme-li časovou náročnost doplňování šraf do polygonu způsobem popsaným v kapitole 4.5 s náročností vektorizace kontur, je podle autorovy zkušenosti tato doba srovnatelná. V tom případě je ale výhoda na straně navržené metodiky, protože za stejný čas produkuje znovupoužitelná data.



Obr. 88. Vysvětlení ke generalizaci reprezentace.

Vlevo vždy původní objekt, uprostřed generalizovaný objekt v téže měřítku, vpravo generalizovaný objekt zmenšený do výsledného měřítka. Podrobnější vysvětlení v textu.

Popsaná reprezentace skalních útvarů má dále tu výhodu, že ji je možné snadno generalizovat. Jednotlivé prvky kresby skalního terénu se při generalizaci mění následujícím způsobem:

- půdorys skalního útvaru se zjednodušuje (obr. 88 a), při zjednodušování půdorysu je třeba respektovat omezení tohoto půdorysu hranami a konturami a ty zjednodušovat stejným způsobem,
- kontury se slučují a generalizují s ohledem na zachování podstatných informací o členitosti skalního terénu, charakterizační čáry se z kresby vypouštějí, příp. se rovněž generalizují (obr. 88 b),
- průběh hran se generalizuje a v případě, že se horní a dolní hrana k sobě přiblíží natolik, že je jejich vzdálenost vzhledem k měřítku mapy zanedbatelná, nahradí se konturou (obr. 88 c),
- vynechávají se méně výrazné terénní hrany a průběh zbylých hran se zjednodušuje, s tím, že by opět měly zůstat zachovány informace o charakteru skalního terénu.

Názornost a uživatelská vstřícnost popsané metody je rovněž poněkud diskutabilní. Autor práce na několika laicích ověřil, že metoda není na první pohled možná úplně názorná, ale když čtenářům mapy vysvětlil podstatu kontur a hran, dokázali se v mapě bez problémů orientovat.

Celkově lze tedy navrženou metodu pro zachycení skalního terénu hodnotit jako relativně zdařilou. Za hlavní přednost lze považovat především reusabilitu použitých dat. I jednoduchá vizualizace těchto dat v GIS pomocí jednoduchých čar nese poměrně velké množství informace o rozčlenění skalního terénu, na druhou stranu data skrývají potenciál pro tvorbu složitějších reprezentací napodobujících metody klasické kartografie.

Bylo by samozřejmě potřeba navrženou metodiku otestovat na jiných typech skalního terénu, než jsou jen pískovcová skalní města, aby mohla být lépe zhodnoceno zachycení hran a stěn. V tom autorovi zabránila nedostupnost podrobného digitálního modelu terénu v těchto oblastech. Na místě by rovněž bylo zpracování mapy rozsáhlejšího území, která by odhalila případné další problémy. Pro další praktické využití by byl pochopitelně žádoucí podrobnější průzkum možností automatizace tvorby této reprezentace. I přes výše uvedené problémy se autor domnívá, že navržená metodika by skály na českých topografických mapách velkých a středních měřítek dokázala vystihnout neskonalé lépe, než jsou na nich zachyceny v současné podobě.

6 Závěr

Předkládaná práce se zabývá skalními útvary a jejich problémy z pohledu geoinformatiky a kartografie, částečně také počítačové grafiky a matematiky. Práce se pokouší zachytit problematiku v celé šíři: od teoretických problémů souvisejících se skalními útvary až po praktický návrh způsobu, jak je zachytit. Těžištěm práce je ovšem hledání vhodného způsobu zachycení skal s využitím prostředků digitální kartografie. Tato problematika byla dosud studována spíše výjimečně.

Východním místem pro hledání ideální digitální kartografické reprezentace je analýza obecných vlastností skalního terénu, potíže při jeho zachycení vrstevnicemi a řešení, jakým se s těmito problémy vypořádává klasická kartografie. Poměrně velký prostor je v práci věnován různým způsobům, kterými jsou v současných mapách vytvořeny prostředky digitální kartografie skalní útvary znázorňovány. Jsou stanoveny kritéria pro zachycení skal z pohledu digitální kartografie a jednotlivé způsoby jsou podle těchto kritérií hodnoceny.

Všechny předchozí části tvoří ovšem odrazový můstek pro hlavní část práce, kterou je návrh a podrobný popis vlastní metodiky, kterou by bylo možno skalní útvary na mapách s využitím prostředků digitální kartografie zachytit. Metodika je na jednu stranu dostatečně obecná, je ilustrována na reálných i umělých příkladech a je dovedena do praktické podoby v podobě vytvořené výškopisné mapy skalního terénu. Poukázáno je rovněž na vztah navržené metodiky ke klasické kartografii. Klíčovým problémem při zachycení skalních útvarů je hledání optimálního poměru mezi kvalitou výsledné reprezentace a množstvím času a kvalifikované práce potřebné k jejímu vytvoření, proto je při výkladu je kladen důraz na možnou automatizaci tvorby. V této souvislosti bylo navrženo, implementováno a otestováno několik algoritmů vycházejících z podrobného digitálního modelu terénu. Metodika je rovněž zhodnocena z pohledu výše zmíněných kritérií, jsou zmíněny její přednosti, nedostatky a možná rozšíření.

Tato práce vznikla v době, kdy je v ČR připravováno nové mapování výškopisu s využitím leteckého laserového skenování, které pokryje i ty skalní oblasti, kde dosud téměř žádné podrobné výškopisné podklady neexistují. To představuje výzvu, jak zlepšit kvalitu zobrazení skal na vydávaných mapách, protože práce poukazuje na fakt, že ta současná rozhodně ideální není. Nabízí se tedy příležitost pro oněch zhruba 100 km² skalního terénu na našem území vytvořit lepší sadu geografických dat než jen obrysové polygony skalního terénu. Z těchto dat by bylo možné vytvářet nové, přesnější, názornější a přehlednější mapy. Práci lze tedy vnímat i jako příspěvek k jedné z možností využití podrobných digitálních modelů terénu v kartografii.

Zlepšování kvality kartografických výstupů ze softwarových nástrojů typu GIS je trendem, který se navzdory laicizaci tvorby map snad začne prosazovat a umožní tak odlišení mapy vytvořené amatérem od profesionálního kartografického díla. Měl by k tomu přispět i ArcGIS verze 9.2, kde je na kartografii kladen velký důraz. Nezbývá než doufat, že se dočkáme doby důsledného používání tradičních kartografických pravidel i ve světě nových a stále dokonalejších digitálních technologií a že výsledkem bude mj. „výrazné, oku lahodící znázornění skalních tvarů, které by spojovalo polohopisnou věrnost s plasticky působícím vyjádřením“ (Čapek, 1973, s. 167). K tomu by snad ostatně mohla přispět i tato práce.

Použité zdroje

- ARCDATA 2008. *Digitální model reliéfu ČR* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.arcddata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/digitalni-model-reliefu-cr/>.
- ARIA 2008. *Arizona Regional Image Archive* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://aria.arizona.edu>.
- BLÁHA, J. D. 2007. Možnosti kreativity kartografa v současné kartografické tvorbě. *Kartografické listy*. 2007, č. 15. ISSN 1336-5274.
- BLÁHA, J. D.; HUDEČEK, T. 2007. Vyjadřování výškových bodů a kót na mapách české i světové produkce. In: HORÁK, J.; DĚRGEL, P.; KAPIAS, A. (eds.) *Sborník symposia GIS Ostrava 2007*. Ostrava: VŠB-TUO, 2007. ISSN 1213-239X.
- BOEHMWANDERKARTEN 2008. *Kartenausschnitte* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: http://www.boehmwanderkarten.de/kv/is_kaus.html
- BOGUSZAK, F.; ŠLITR, J. 1962. *Topografie*. 1. vyd. Praha : Stát. nakl. techn. lit., 1962. 289 s.
- BRAUN, J. 2003. Aspects on True-Orthophoto Production. In: *Proceedings of the 49th Photogrammetric Week*. Stuttgart : 2003. s. 205–214.
- BUCHIN, K. et al. 2004. Illustrating Terrains using Direction of Slope and Lighting [online]. [cit. 2008-08-08]. 11 s. Dostupné z URL: http://www.mountaincartography.org/publications/papers/papers_nuria_04/buchin.pdf.
- ČAPEK, R. 1973. *Znázorňování skal* [rukopis]. Praha, 1973. 184 s. + 5 příl. Rigorózní práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře kartografie a fyzické geografie.
- ČAPEK, R. 1976. Metody kresby skal na rakouských mapách. *Acta Universitatis Carolinae : Geographica*. 1976, XI, s. 37-44.
- ČAPEK, R. 1992. *Geografická kartografie*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1992. 373 s. ISBN 80-04-25153-6.
- ČÚZK 1993. *Seznam mapových značek Základní mapy ČR 1 : 10 000*. 1. vyd. Praha : Český úřad zeměměřický a katastrální, 1993. ISBN 80-901212-3-3.
- ČÚZK 2007. *Popis dat základní báze geografických dat (ZABAGED)* [online]. Praha, 2007 [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: http://www.cuzk.cz/GenerujSoubor.ashx?NAZEV=30-ZU_ZAB_KAT.
- ČÚZK 2008a. *Digitální ortofoto České republiky* [online]. Praha, 2008 [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=30&MENUID=10479&AKCE=DOC:30-ZU_ORTOFOTO.
- ČÚZK 2008b. *Základní mapa ČR 1 : 10 000 z dat ZABAGED – mapové značky* [online]. Praha, 2008 [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:30-ZU_MAP_ZNAC.
- DAHINDEN, T. 2000. *Weiterentwicklung des Programmsystems zur digitalen Felsdarstellung* [online]. Vertiefungsblock Kartographie. Zürich : Institut für Kartographie, ETH, 23. 3. 2000. [cit. 2008-08-08]. 30 s. Dostupné z URL: <http://www.ika.ethz.ch/teaching/VTB-Dahinden.pdf>.
- DAHINDEN, T. 2002. *Existing rock representation in topographic maps and their suitability for digital generation* [online]. 16. 10. 2002. [cit. 2008-08-08]. 20 s. Dostupné z URL: http://www.mountaincartography.org/mt_hood/pdfs/dahinden2.pdf.

- DAHINDEN, T.; HURNI, L. 2007. Development and Quality Assessment of Analytical Rock Drawings. In: *Conference Proceedings*. Moscow : ICA, 2007.
- DED 2008. *Digital Elevation Data – with SRTM voids filled using accurate topographic mapping* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://viewfinderpanoramas.org/dem3.html>.
- DIGITÁLNÍ ATLAS ČR 2008. *Digitální atlas ČR* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://izgard.cenia.cz/dmunew/viewer.htm>.
- DUŠÁNEK, P. 2008. *Tvorba digitálních modelů terénu z dat leteckého laserového skenování a jeho využití pro aktualizaci výškopisu ZABAGED* [rukopis]. Praha, 2008. 62 s. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie.
- EGRMAJEROVÁ L. 2004. *Průzkum vlastností digitálního modelu reliéfu Základní báze geografických dat* [rukopis]. Plzeň, 2004. 122 s. Diplomová práce na Fakultě aplikovaných věd Západočeská univerzity v Plzni na katedře matematiky.
- FELSUEBERSICHT 2008. *Felsdarstellungen nach Erstellungsjahr geordnet* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.ika.ethz.ch/td/fels/html/index.html>.
- FREYTAG & BERNDT. 2005. *Garmisch-Partenkirchen – Wettersteingebirge – Werdenfeller Land : Wander, Rad- und Feizeitkarte. 1 : 25 000*. Wien : Freytag und Berndt. 2005.
- FRIEDMANNOVÁ L. 2000. *Transformace tématických mapových děl z analogové formy do formy digitální* [rukopis]. Brno, 2000. 126 s. Disertační práce na Masarykově univerzitě.
- GAŠIOR M. 2006. *Laserové skenování pro tvorbu 3D modelu vybrané části NP České Švýcarsko* [rukopis]. Ústí nad Labem, 2006. 77 s. Diplomová práce na Fakultě životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.
- GEODÉZIE ČS. 1999. *Jičín : plán města, Prachovské skály : turistická mapa*. 3. vyd. Česká Lípa : Geodézie ČS. 1999. ISBN 80-85897-16-4.
- GEODÉZIE ČS. 2007. *Adršpašské skály, Teplické skály 1 : 16 500*. 3. vyd. Praha : Geodézie ČS. 2007. ISBN 978-80-7279-521-5.
- GEODIS 2008. *Barevná ortofotomapa ČR* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.geodis.cz/produkty/barevna-ortofotomapa>.
- GEOFOND 2008. *Mapový server ČGS-Geofond* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://mapmaker.geofond.cz>.
- GEOPORTAL BAYERN 2008. *GeodatenOnline*. [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://geoportal.bayern.de>.
- GEOPORTAL SACHSEN 2008. *Sachsenatlas*. [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.atlas.sachsen.de>.
- GEOPORTÁL ÚGKK SR 2008. *Geoportál Úradu geodézie, kartografie a katastra SR* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.geoportal.sk>.
- GRYGAR, T. 2004. *Informační systém lezecké oblasti Hruboskalsko* [rukopis]. Olomouc, 2004. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci na katedře geoinformatiky.
- HOJOVEC, V. 1987. *Kartografie : vysokoškolská učebnice pro stavební fakulty*. 1. vyd. Praha : Geodetický a kartografický podnik, 1987. 660 s.
- HURNI, L. et al. 2001. Digital Cliff Drawing for Topographic Maps: Traditional Representation by Means of New Technologies. *Cartographica: The International Journal for Geographic*

- Information and Geovisualization*. 2001, Volume 38, Number 1 - 2 / Spring & Summer 2001, s. 55-65. ISSN 0317-7173.
- IMHOF, E. 2007. *Cartographic Relief Presentation*. 1st ed. Redlands : ESRI Press, 2007. 388 s. ISBN 978-1-58948-026-1.
- IGN 2006. *Aiguille de Chambeyron. 1 : 25 000*. Paris : IGN. 2006. ISBN 211353852.
- ISOM 2002. *Mapy pro orientační běh : Mezinárodní norma* [online]. Praha : Český svaz orientačního běhu, 2002. [cit. 2008-08-08]. 36 s. Dostupné z URL: <http://lazarus.elte.hu/tajfutas/isom2000/isom2000-cz.pdf>
- KADLČÍKOVÁ, J. 2007. DMR a jeho vizualizace. In: HORÁK, J.; DĚRGEL, P.; KAPIAS, A. (eds.) *Sborník sympozia GIS Ostrava 2007*. Ostrava: VŠB-TUO, 2007. ISSN 1213-239X.
- KAŇKA, P. 2005. *Vizualizace výskopisu v prostředí GIS* [rukopis]. Praha, 2005. 62 s. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie.
- KENNELLY, P.; KIMERLING, A. J. 2001. Hillshading Alternatives: New Tools Produce Classic Cartographic Effects. *ArcUser*. 2001, roč. 4, č. 2, s. 46–49.
- KOVÁŘÍK P., ŠATÁNEK M. 2006. *Komerčně dostupné digitální modely terénu* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: http://147.32.132.222/~hodac/studenti/referaty/sk3_0506.pdf.
- KTO 2008: *Katalog topografických objektů verze 12.2007* [online]. Dobruška, 2007 [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://izgard.cenia.cz/ceniaizgard/kto/dmu25v2/KTODMU25.html>
- LUKAVSKÝ, S. 1999. *Adršpašské skály : horolezecký průvodce* [Díl 1]. Náchod : Juko, 1999. 231 s. ISBN 80-86213-09-9.
- LYSÁK, J. 2007. *3D vizualizace skalních oblastí : Adršpašské skalní město* [rukopis]. Praha, 2007. 8 s. Seminární práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie.
- MAPY 1188 2008. *Mapy 1188 (beta)* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://mapy.1188.cz>.
- MAPY.CZ 2008. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.mapy.cz>.
- MAPY MĚSTA MOSTU 2008. *Mapy města Mostu* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.mumost.cz/mesto/mapy/obsah.htm>.
- NORGESGLASSET 2008. *Norgesglasset* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://ngis2.statkart.no/norgesglasset/default.html>.
- ORDNANCE SURVEY 2008. *Get-a-map*. [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.ordnancesurvey.co.uk/getamap/>.
- PENÍŽKOVÁ, L. 2008. Emailové sdělení k vektorizaci skal při tvorbě ZABAGED.
- PETR, J. 2005. *Jizerské hory 1:25 000 : tvorba podrobné turistické mapy* [rukopis]. Praha, 2005. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie.
- PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY ČR 2008. *Portál veřejné správy České republiky* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://geoportal.cenia.cz>.
- PŘEDPIS TOPO-4-3 2008. *Předpis TOPO-4-3* [online]. Banská Bystrica, 2008 [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: http://www.geoportal.sk/gp/topu/leg_topu/index.htm.

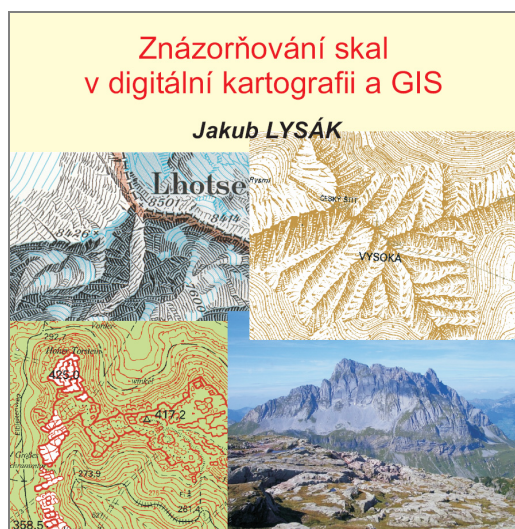
- ROSY. 2006. *Adršpašsko-teplické skály a Ostaš : Turistická mapa 1 : 25 000*. 3. vyd. Mělník : ROSY. 2006. ISBN 80-86170-23-3.
- SAŽP 2008. *Mapový server Slovenskej Agentúry Životného prostredia* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://atlas.sazp.sk>.
- SLABÝ, R. 2000. Lesnické mapy – od obrázků k digitálním technologiím. *Lesnická práce*. 2000, roč. 79, č. 2. ISSN 0322-9254.
- SRTM, 2008. *Shuttle Radar Topography Mission* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Shuttle_Radar_Topography_Mission.
- SVM 50 – KARTO 2008. *Spojité vektorová mapa SR 1 : 50 000* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://www.arcgeo.sk/svm50karto/>.
- SWISSTOPO 2008. *Swisstopo geodataviewer* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://swisstopogeodata.ch/geodatenviewer/index.php>.
- ŠÍMA, J. 2008. Stručná zpráva o zeměměřictví a katastru nemovitostí v České republice na prahu 21. století. *Zeměměřič*. 2008, roč. 15, č. 3+4, s. 7–11. ISSN 1211-488X.
- ŠMÍD, K. 1979. *Pískovcové skály v Čechách. Východní Čechy*. Praha : Olympia, 1979. 420 s.
- TABACCO. 2003. *Cortina d'Ampezzo e Dolomiti Ampezzane : carta topographica per escursionisti : 1 : 25 000*. Tavagnacco : Tabacco. 2003. ISBN 9788883150036.
- TROMMLER, M. 2006. *Metadata Report*. Dresden : Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, University of Technology Dresden, 2006. 28 s.
- TROMMLER, M.; CSAPLOVICS, E. 2007. *Geoinformationsnetzwerke für die grenzüberschreitende Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz*. Dresden : Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, University of Technology Dresden, 2007. 72 s. Projektbericht.
- TRASA. 2007. *Broumovsko – Góry kamienne a Stołowe. Soubor turistických map 1 : 50 000*. 3. vyd. Praha : Trasa. 2007. ISBN 978-80-7324-139-1.
- ÚHÚL 2008. *Metadata k datům publikovaným na mapovém serveru ÚHÚL* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://geoportal2.uhul.cz/cgi-bin/oprl.asp?SERVICE=WMS>.
- VEVERKA, J. 2006. *Turistická mapa pohoří Fagaraš* [rukopis]. Praha, 2006. 69 s. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie.
- VÍTEK, J. 2004. *Tajemný svět skal : Skalní zajímavosti České republiky*. 1. vyd. Ústí nad Orlicí : Oftis, 2004. 192 s. ISBN 80-86845-03-6.
- WMS ÚHÚL 2008. *Mapový server Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů* [online]. [cit. 2008-08-08]. Dostupné z URL: <http://geoportal2.uhul.cz>.
- ŽÁRA, J. et al. 2004. *Moderní počítačová grafika*. 2. vyd. Brno : Computer Press, 2004. 609 s. ISBN 80-251-0454-0.
- ŽENKOVÁ, L. 2008. Emailové sdělení k vektorizaci skal při tvorbě ZABAGED.

Přílohy

Obsah CD

Na disku CD přiloženém k této práci se nacházejí následující soubory a adresáře:

- info.txt – textový soubor se stručným popisem obsahu CD
- /fraktaly – složka obsahující sadu skriptů pro fraktální interpolaci napsaných v jazyce Matlab. Důležitý je zejména skript main.m, který je třeba spustit pro provedení výpočtu
- /kontury_konvoluce – složka obsahující skripty pro provedení a výsledky tvorby kontur metodou konvoluce popsanou v kapitole 5.3.2
- /kontury_vrstevnice – složka obsahující návod pro provedení a výsledky tvorby kontur metodou slévání vrstevnic popsanou v kapitole 5.3.1
- /pb_mapa – složka obsahující vytvořenou mapu okolí Pravčické brány v tiskové podobě i jako mapový projekt se všemi podstatnými vstupními daty
- /reprezentace – složka obsahující vybrané reprezentace popisované v kapitole 4 pro OCAD a pro ArcGIS
- /text – složka obsahující text práce v podobě určené k prohlížení na obrazovce a k tisku



OKOLÍ PRAVČICKÉ BRÁNY

výškopisná mapa

